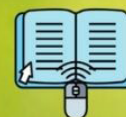


Ednilson Sergio Ramalho de Souza
(Editor)



Rfb
Editora

VOLUME 3

**PESQUISAS EM TEMAS DE
CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

A black and white photograph of a plant branch with several serrated leaves. The leaves are in sharp focus in the foreground, showing their veins and serrated edges. The background is blurred, showing more foliage. The image is split vertically by a dark grey bar on the left side.

VOLUME 3

**PESQUISAS EM TEMAS DE
CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

Copyright © 2021 da edição brasileira.
by RFB Editora.

Copyright © 2021 do texto.
by Autores.

Todos os direitos reservados.



Todo o conteúdo apresentado neste livro, inclusive correção ortográfica e gramatical, é de responsabilidade exclusiva do(s) autor(es).

Obra sob o selo *Creative Commons*-Atribuição 4.0 Internacional. Esta licença permite que outros distribuam, remixem, adaptem e criem a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que lhe atribuam o devido crédito pela criação original.

Conselho Editorial:

Prof. Dr. Ednilson Sergio Ramalho de Souza - UFOPA (Editor-Chefe).

Prof.^a Dr.^a. Roberta Modesto Braga - UFPA.

Prof. Me. Laecio Nobre de Macedo - UFMA.

Prof. Dr. Rodolfo Maduro Almeida - UFOPA.

Prof.^a Dr.^a. Ana Angelica Mathias Macedo - IFMA.

Prof. Me. Francisco Robson Alves da Silva - IFPA.

Prof.^a Dr.^a. Elizabeth Gomes Souza - UFPA.

Prof.^a Me. Neuma Teixeira dos Santos - UFRA.

Prof.^a Me. Antônia Edna Silva dos Santos - UEPA.

Prof. Dr. Carlos Erick Brito de Sousa - UFMA.

Prof. Dr. Orlando José de Almeida Filho - UFSJ.

Prof.^a Dr.^a. Isabella Macário Ferro Cavalcanti - UFPE.

Prof. Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares - UFPI.

Prof.^a Dr.^a. Welma Emidio da Silva - FIS.

Diagramação:

Danilo Wothon Pereira da Silva.

Arte da capa:

Pryscila Rosy Borges de Souza.

Imagens da capa:

www.canva.com

Revisão de texto:

Os autores.

Bibliotecária:

Janaina Karina Alves Trigo Ramos

Assistente editorial:

Manoel Souza.



Home Page: www.rfbeditora.com.

E-mail: adm@rfbeditora.com.

Telefone: (91)3085-8403/98885-7730.

CNPJ: 39.242.488/0001-07.

R. dos Mundurucus, 3100, 66040-033, Belém-PA.

Ednilson Sergio Ramalho de Souza
(Editor)

Volume 3

PESQUISAS EM TEMAS DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Edição 1

Belém-PA



2021

<https://doi.org/10.46898/rfbe.9786558890225>

Catálogo na publicação
Elaborada por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

P474

Pesquisas em temas de ciências agrárias / Ednilson Sergio Ramalho de Souza
(Editor) – Belém: RFB, 2021.

(Pesquisas em temas de ciências agrárias, V.3)

Livro em PDF

186 p., il.

ISBN 978-65-5889-022-5

DOI: 10.46898/rfbe.9786558890225

1. Ciências agrárias. I. Souza, Ednilson Sergio Ramalho de (Editor). II. Título.

CDD 630

Índice para catálogo sistemático

I. Ciências agrárias

Nossa missão é a difusão do conhecimento gerado no âmbito acadêmico por meio da organização e da publicação de livros digitais de fácil acesso, de baixo custo financeiro e de alta qualidade!

Nossa inspiração é acreditar que a ampla divulgação do conhecimento científico pode mudar para melhor o mundo em que vivemos!

Equipe RFB Editora

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	9
Prof. Dr. Ednilson Sergio Ramalho de Souza	

CAPÍTULO 1

MORINGA OLEIFERA LAM.: VIABILIDADE NUTRICIONAL PARA A PESCA....	11
--	-----------

Crislayne de Souza Bery
Carla Crislan de Souza Bery
Ícaro Mota Oliveira
Kyzzes Barreto Araújo
Mônica Carvalho Santos
Roberta Menezes Santos
Priscila Monise dos Santos Santana
Gabriel Francisco da Silva
Carolina N. Costa Bomfim
DOI: 10.46898/rfbe.9786558890225.1

CAPÍTULO 2

QUEBRA DE DORMÊNCIA EM SEMENTES DE <i>ENTEROLIBIUM SCHOBURKI</i> BERTH.....	19
--	-----------

Henrique da Silva Barata
Stanley William Costa Dias
Andreza Araújo de Sousa
Sávio Belém dos Santos
Mauricelia Costa da Costa
João Vitor Ferreira da Silva
Shirley Batista Pinheiro
DOI: 10.46898/rfbe.9786558890225.2

CAPÍTULO 3

AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE RAÍZES E FÉCULAS DE TRÊS VARIETADES DE MANDIOCAS PRODUZIDAS NO ESTADO DO PARÁ.....	35
--	-----------

Priscilla Andrade Silva
Henrique da Silva Barata
José Nilton da Silva
Vicente Filho Alves Silva
Fábio Israel Martins Carvalho
Alessandra Santos Lopes
Rosinelson da Silva Pena
DOI: 10.46898/rfbe.9786558890225.3

CAPÍTULO 4

BIOMETRIA DE GRÃOS DE FEIJÃO CAUPI PRODUZIDO POR PEQUENOS PRODUTORES.....	49
--	-----------

Regiane da Conceição Vieira
Henrique da Silva Barata
Igor Vinicius de Oliveira
Wilton Pires da Cruz
José Nilton da Silva
Claudete Rosa da Silva
Priscilla Andrade Silva
DOI: 10.46898/rfbe.9786558890225.4

CAPÍTULO 5

CARACTERÍSTICAS E POTENCIALIDADES DO FRUTO BURITI (*MAURITIA FLEXUOSA* L.).....57

Wellington dos Santos Melo
Priscilla Andrade Silva
Regiane da Conceição Vieira
Wilton Pires da Cruz
Marcos Antônio Souza dos Santos
Rosinelson da Silva Pena
Luiza Helena Meller da Silva
DOI: 10.46898/rfbe.9786558890225.5

CAPÍTULO 6

UM ESTUDO SOBRE A CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA EM OVOS COMERCIAIS.....67

João Paixão dos Santos Neto
Vitória Caroline do Moraes Gatti
Josiane Pereira da Silva
Priscilla Diniz Lima da Silva Bernardino
Fábio Israel Martins Carvalho
Priscilla Andrade Silva
Carolina Rodrigues da Fonseca
DOI: 10.46898/rfbe.9786558890225.6

CAPÍTULO 7

UM ESTUDO SOBRE AS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO PAU-DE-BALSA (*OCHROMA PYRAMIDALE*) E AS RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E METABÓLICAS DAS PLANTAS AO ESTRESSE ABIOTICO79

Glauco André dos Santos Nogueira
Ana Ecídia de Araújo Brito
Vitor Resende do Nascimento
Gabriel Gustavo Tavares Nunes
Regiane da Conceição Vieira
Priscilla Andrade Silva
Cândido Ferreira de Oliveira Neto
DOI: 10.46898/rfbe.9786558890225.7

CAPÍTULO 8

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, MICROBIOLÓGICA E MORFOLÓGICA DA FÉCULA DA MANDIOCA (*MANIHOT ESCULENTA*) COMERCIALIZADA EM UM MERCADO SITUADO NA CIDADE DE BELÉM-PA.....89

Rodrigo Corrêa Silva
Amanda Gentil Polizeli
Larissa Fernandes da Cruz
Jacqueline dos Santos Ferreira
Leonardo Bricio Pamplona Gonçalves
Luciane do Socorro Nunes dos Santos Brasil
DOI: 10.46898/rfbe.9786558890225.8

CAPÍTULO 9

UMA ABORDAGEM SOBRE A CULTURA DO MILHO, OS METAIS PESADOS E A TOLERÂNCIA DAS PLANTAS105

Ana Ecídia de Araújo Brito
Vitória Caroline do Moraes Gatti
Keila Beatriz Silva Teixeira

Jessica Suellen Silva Teixeira
Priscilla Andrade Silva
Ricardo Shigueru Okumura
Cândido Ferreira de Oliveira Neto
DOI: 10.46898/rfbe.9786558890225.9

CAPÍTULO 10

AVALIAÇÃO DO PERFIL BIOQUÍMICO SÉRICO E QUALIDADE DE OVOS DE POEDEIRAS ALIMENTADAS COM GLICERINA BRUTA.....117

Alison Batista Vieira Silva Gouveia
Marcos Brás de Freitas
Lorrayne Moraes de Paulo
Júlia Marixara Sousa da Silva
Weslane Justina da Silva
Fabiana Ramos dos Santos
Cibele Silva Minafra
DOI: 10.46898/rfbe.9786558890225.10

CAPÍTULO 11

ESTUDO SOBRE A ESPÉCIE SWIETENIA MACROPHYLLA KING, REGIÕES DE OCORRÊNCIA E CARACTERÍSTICAS SILVICULTURAIS129

Liliane Correa Machado
Rafael Costa Paiva
Victória Caroline do Moraes Gatti
Josilene do Carmo Mescouto de Sousa
Ana Ecídia de Araújo Brito
Priscilla Andrade Silva
Cândido Ferreira de Oliveira Neto
DOI: 10.46898/rfbe.9786558890225.11

CAPÍTULO 12

OS EFEITOS DO CÁDIMO (CD) NO SOLO E NAS PLANTAS.....139

Liliane Correa Machado
Rafael Costa Paiva
Victória Caroline do Moraes Gatti
Jéssica Taynara da Silva Martins
Thays Correa Costa
Priscilla Andrade Silva
Cândido Ferreira de Oliveira Neto
DOI: 10.46898/rfbe.9786558890225.12

CAPÍTULO 13

TOLERÂNCIA A METAIS PESADOS E METABOLISMO DO NITROGÊNIO EM PLANTAS.....151

Liliane Correa Machado
Rafael Costa Paiva
Vitor Resende do Nascimento
Cristine Bastos do Amarante
Priscilla Andrade Silva
Ricardo Shigueru Okumura
Cândido Ferreira de Oliveira Neto
DOI: 10.46898/rfbe.9786558890225.13

CAPÍTULO 14

ASPECTOS RELEVANTES SOBRE AVICULTURA DE POSTURA E QUALIDADE DE OVOS COMERCIAIS159

João Paixão dos Santos Neto
Victória Caroline do Moraes Gatti
Henrique da Silva Barata
Fernando Elias Rodrigues da Silva
Fábio Israel Martins Carvalho
Priscilla Andrade Silva
Carolina Rodrigues da Fonseca
DOI: 10.46898/rfbe.9786558890225.14

CAPÍTULO 15

***ESCHERICHIA COLI* ENTEROPATOGENICA ALIMENTAR173**

João Paixão dos Santos Neto
Maria Rebeca Araújo Castro
Henrique da Silva Barata
Marcos Antônio Souza dos Santos
Fernando Elias Rodrigues da Silva
Fábio Israel Martins Carvalho
Priscilla Andrade Silva
DOI: 10.46898/rfbe.9786558890225.15

ÍNDICE REMISSIVO.....183

APRESENTAÇÃO

Prezad@s,

Satisfação! Esse é o sentimento que vem ao meu ser ao escrever a apresentação deste magnífico livro. Não apenas porque se trata do volume 3 da Coleção Pesquisas em Temas de Ciências Agrárias, publicado pela RFB Editora, mas pela importância que essa área possui para a promoção da qualidade de vida das pessoas.

Segundo a Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), fazem parte dessa área: AGRONOMIA, RECURSOS FLORESTAIS E ENGENHARIA FLORESTAL, ENGENHARIA AGRÍCOLA, ZOOTECNIA, RECURSOS PESQUEIROS E ENGENHARIA DE PESCA, MEDICINA VETERINÁRIA, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. Tal área suscita, portanto, uma gama de possibilidades de pesquisas e de relações dialógicas que certamente podem ser relevantes para o desenvolvimento social brasileiro.

Desse modo, os artigos apresentados neste livro - em sua maioria frutos de árduos trabalhos acadêmicos (TCC, monografia, dissertação, tese) - decerto contribuem, cada um a seu modo, para o aprofundamento de discussões na área de Pesquisas em Ciências Agrárias; pois são pesquisas germinadas, frutificadas e colhidas de temas atuais que vêm sendo debatidos nas principais universidades brasileiras e que refletem o interesse desses pesquisadores no desenvolvimento social e científico que possa melhorar a qualidade de vida de homens e de mulheres.

Acredito, verdadeiramente, que a ampla divulgação do conhecimento científico pode mudar para melhor o mundo em que vivemos!

Esse livro é parte singela da materialização dessa utopia.

Prof. Dr. Ednilson Sergio Ramalho de Souza

Editor-Chefe.

RFB Editora.



CAPÍTULO 1

MORINGA OLEIFERA LAM.: VIABILIDADE NUTRICIONAL PARA A PESCA

MORINGA OLEIFERA LAM.: NUTRITIONAL VIABILITY FOR FISH FARMING

*Crislayne de Souza Bery*¹
*Carla Crislan de Souza Bery*²
*Ícaro Mota Oliveira*³
*Kyzzes Barreto Araújo*⁴
*Mônica Carvalho Santos*⁵
*Roberta Menezes Santos*⁶
*Priscila Monise dos Santos Santana*⁷
*Gabriel Francisco da Silva*⁸
*Carolina N. Costa Bomfim*⁹

DOI: 10.46898/rfbc.9786558890225.1

1 Universidade Federal de Sergipe. <https://orcid.org/0000-0003-4485-0608>. laybery@hotmail.com.
2 Universidade Federal de Sergipe. <https://orcid.org/0000-0002-6003-9308>. crisberys@gmail.com.
3 Universidade Federal de Alagoas. <https://orcid.org/0000-0003-1901-7702>. icaro.mio@hotmail.com.
4 Universidade Federal de Sergipe. <https://orcid.org/0000-0002-3757-7511>. kyzzesbarreto@gmail.com.
5 Universidade Federal de Sergipe. <https://orcid.org/0000-0001-9307-3660>. monicarvalhos@gmail.com.
6 Universidade Federal de Sergipe. <https://orcid.org/0000-0001-6622-3475>. menezesroberta84@gmail.com
7 Universidade Federal de Sergipe. <https://orcid.org/0000-0002-5812-0035>. priimonise@hotmail.com
8 Universidade Federal de Sergipe. <https://orcid.org/0000-0002-9622-2518>. gabriel@ufs.br
9 Universidade Federal de Sergipe. <https://orcid.org/0000-0001-5513-7483>. carolncosta@yahoo.com.br.

RESUMO

Moringa *oleifera* Lam. é utilizado na alimentação humana e animal, na indústria cosmética, para clarificação de água e outras características. Para a piscicultura, várias partes da *Moringa oleifera* Lam. (folha, semente, flor e vagem) são usados para diferentes fins, como alimentação, clarificação de água e suplementação. Este trabalho teve como objetivo extrair o óleo da semente de Moringa por prensagem e verificar sua viabilidade para alimentação de peixes. Foram realizadas análises de teor de gordura, estabilidade oxidativa e ácidos graxos. O óleo de Moringa apresentou características importantes que o tornam viável para a engorda de peixes, como a presença de ácidos graxos, alta estabilidade e alto teor de gordura.

Palavras-chave: Semente. Moringa. Óleo. Ácidos graxos. Piscicultura.

ABSTRACT

Moringa oleifera Lam. is used for human and animal food, for the cosmetics industry, to clarify water and other features. For fish farming, various parts of the *Moringa oleifera* Lam. (leaf, seed, flower and pod) are used for different purposes such as food, water clarification and supplementation. This work aimed to extract the Moringa seed oil by pressing and verify its viability for fish feeding. Fat content, oxidative stability and fatty acid analysis were performed. Moringa oil presented important characteristics that make it viable for fish fattening, such as the presence of fatty acids, high stability and high fat content.

Keywords: Seed. Moringa. Oil. Fatty acids. Fish farming.

1 INTRODUÇÃO

A moringa é uma planta de múltiplos usos que vem se difundindo ao longo dos anos nos mais variados continentes em virtude de sua capacidade de adaptação aos climas quentes e secos, e pela sua utilização em diversos setores da vida humana como na alimentação, na indústria farmacêutica, como planta ornamental e melífera, fonte de proteína para os animais, na clarificação de águas turvas como um dos mais importantes e promissores coagulantes naturais e na produção de óleo (SOUTO & JUNIOR, 2018).

Parâmetros como alimento com fonte de proteínas, alta digestibilidade, e energético são os mais estudados, porém o estudo a partir de uma matriz são poucos difundidos. A moringa possui partes que podem ser utilizadas como tecnologia inovadora para a piscicultura: pó de moringa que pode clarear a água dos tanques (devido aos coagulantes naturais presente na moringa), as folhas que possuem compostos bioati-

vos interessantes para alimentação dos peixes (compostos fenólicos, vitaminas e etc.) e as sementes que a extração de seu óleo pode ser uma alternativa para suplementação das rações (sejam elas comerciais ou novas formulações) (LISITA et al., 2018).

São utilizados como alternativa para alimentação de peixes, geralmente, resíduos de produtos agroindústrias que apresentem alto valor agregado (resíduo de camarão, vísceras de peixe, farelo de milho e etc.). Do óleo de semente de moringa pode ser produzido biodiesel, desenvolvimento de lubrificantes, extrair compostos bioativos e ácidos graxos e apresentam capacidade antioxidante e antimicrobiana importante para a área alimentícia humana e de animais (RIZZO, 2019).

O óleo oriundo da semente de moringa apresenta excelentes concentrações de ácidos graxos, principalmente o ácido oleico, e capacidade antioxidante (compostos fenólicos e vitamina E) (OLIVEIRA et al 2020). Nesse contexto, objetiva-se com este trabalho caracterizar o óleo de semente de moringa como fonte de alimentação para piscicultura.

2 METODOLOGIA

2.1 Material e Métodos

2.1.1 Matéria-prima

As sementes de *Moringa oleífera* Lam. foram coletadas das vagens, ainda na planta, em estágio de maturação avançada situada na estação experimental do Laboratório de Tecnologias Alternativas (LTA) na Universidade Federal de Sergipe (UFS). Após coleta, as sementes foram trituradas no liquidificador industrial e separadas para a extração do óleo.

2.1 Teor de lipídios da semente

O teor de lipídeos foi realizado pela metodologia do Instituto Adolfo Lutz, IAL (2008) no qual 5g da semente de moringa foi adicionado em cartucho e acoplado ao extrator ao balão de fundo chato previamente tarado, adicionado hexano em quantidade suficiente para um *soxhlet* e meio, mantido, sob aquecimento em chapa elétrica, à extração contínua por 8 (quatro a cinco gotas por segundo) ou 16 horas (duas a três gotas por segundo), em seguida o solvente, hexano, foi rotaevaporado à 70 °C, separando o óleo.

2.2 Rendimento e extração do óleo

O óleo de semente de moringa foi extraído com o auxílio de uma prensa hidráulica (MPH 15, Marconi) com pressão de 40 a 65 bar para extração exaustiva do óleo.

Pesou-se 20g de semente de moringa triturada e fez a prensagem. Em seguida, o óleo foi armazenado em frasco âmbar, para proteção da luz, em temperatura ambiente.

O rendimento do óleo foi caracterizado segundo a fórmula (MOURA et al., 2019):

$$\frac{100 \times N}{P} = RE (\%, m/m) \quad (1)$$

Onde:

N= massa de óleo extraído (g)

P= massa da amostra (sementes trituradas, g)

2.3 Estabilidade oxidativa do óleo

A estabilidade à oxidação foi medida segundo a norma EN 14112 segundo resolução ANP nº. 14/2012, utilizando amostras de 3 g de biodiesel, as quais foram analisadas sob aquecimento com temperatura de 110 °C e fluxo de ar constante de 10 L h⁻¹. A medida da estabilidade à oxidação foi realizada no equipamento Biodiesel Rancimat 873 da Metrohm e operado com o auxílio do software Biodiesel Rancimat 873.

2.4 Caracterização dos ácidos graxos totais

2.4.1 Derivatização do óleo

O procedimento realizado para a esterificação do óleo de semente de moringa foi através do método proposto, adaptado, por (HARTMAN E LAGO, 1973), com álcool metílico. Aproximadamente 50 mg do óleo de moringa foram medidos em erlenmeyer de 100 mL. Em seguida, acoplou-se ao erlenmeyer um condensador, sendo pela parte superior adicionados 5 mL de solução metanólica de NaOH (0,5 mol L⁻¹). O sistema foi deixado sob refluxo por 6 minutos em ebulição. Então foram adicionados 6 mL de NH₄Cl. A mistura permaneceu em ebulição por 3 minutos, em chapa de aquecimento com agitação, sendo então adicionados 5 mL de solução saturada de bicarbonato de sódio. Após 2 minutos foram adicionados 5 mL de hexano (2 minutos). Finalmente, a agitação foi suspensa e deixada em repouso. Após esfriar, a fase orgânica foi transferida para um balão volumétrico de 10 mL, aferindo-se o volume com hexano, resultando

2.4.2 Análise qualitativa dos ésteres metílicos por GC/MS

Para análises cromatográficas preparou-se uma solução da amostra do óleo 1000 mg L⁻¹ partindo da solução estoque (5000 mg L⁻¹). Aproximadamente 200 µL de solução foi transferida para vial de 1 mL, adicionados 25 µL do padrão interno heptadecanoato de metila (25 mg L⁻¹) e aferiu-se o volume com hexano.

A identificação dos compostos foi realizada, mediante a análise do mix de padrões dos ésteres metílicos, palmitoleato, palmitato, oleato, linoleato e estearato. A partir das soluções estoques com concentrações na faixa de 1000 mg L⁻¹ para cada padrão, foi preparada uma solução com a mistura de todos os ésteres citados com concentração de 25 mg L⁻¹ e adicionados à solução 25 mg L⁻¹ de heptadecanoato de metila. As soluções preparadas foram analisadas por GC/MS (Shimadzu QP2010 Plus).

Os ésteres metílicos foram analisados empregando um cromatógrafo gasoso/espectrômetro de massas (Shimadzu QP2010 Plus GC/MS), utilizando hélio (99,999%) como gás de arraste (fluxo de 1 mL min⁻¹). A injeção foi no modo split (1:50). Uma coluna ZB-5MS de 60 m comprimento, 0,25 mm diâmetro interno e 0,25 µm espessura filme foi usada para separar os compostos dos vapores. A fonte de ionização foi programada para operar com energia de ionização 70 eV, temperatura da fonte de íons 220 °C. A programação da rampa foi 130 °C (1 min) - 15 °C min⁻¹ - 220 °C - 6 °C min⁻¹ - 240 °C (8 min) - 6 °C min⁻¹ - 260 °C (5 min) e tempo de análise 24,58 min. O sistema operou no modo SCAN, permitindo a comparação dos espectros obtidos das bibliotecas Nist e Wiley, além do uso de padrões cromatográficos injetados nas mesmas condições que

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As sementes de moringa apresentaram conteúdo lipídico de 44,39 g/100g. Este teor foi superior ao encontrado por Moura (2019) que ao determinar micro e macro nutrientes de frutos de moringa (parede externa e interna da casca) e sementes coletadas em duas localidades diferentes apresentaram teores lipídicos de 35,82 e 29,26 g/100g de amostra. Essa diferença nos teores pode estar associada ao clima, solo, região entre outros fatores.

Liñan (2010) reportou que o rendimento obtido por hectare é de 3000 kg de semente de moringa, equivalente a 900 kg de óleo, comparável com a soja, que também rende 3000 kg de sementes/ha, porém com somente 20% de óleo.

A extração de óleo por prensa hidráulica apresentou 43,34% de rendimento, conforme mostra a Tabela 1. Moura e colaboradores (2019) obtiveram um rendimento médio de 61,04% para óleo de babaçu e 62,64% para pinhão manso ao extrair o óleo com hexano através de aparelho de *soxhlet*. A extração por prensa e por *soxhlet* diferenciam por parâmetros de temperatura, tempo e solvente utilizado pelo último equipamento. Estes fatores podem degradar compostos bioativos a depender do tempo versus temperatura e o solvente tende a arrastar estas substâncias. O rendimento da extração por prensa apresentou-se inferior ao autor citado.

Tabela 1 – Rendimento de extração do óleo

Massa de semente (g)	Massa de óleo (g)	Rendimento (%)
50,25	21,78	43,34

Fonte: Bery (2020).

Bento e colaboradores (2017) compararam as metodologias de prensagem a frio, *soxhlet* e *Bligh Dyer* para a extração do óleo do pinhão manso no qual a prensagem mostrou-se um método de extração pouco eficiente, enquanto o método *soxhlet* (35,79 %) e o *Bligh Dyer* (36,34%) forneceram resultados satisfatórios. A prensagem a frio é um método muito utilizado na extração de óleo de sementes, e destaca-se por ser simples, rápido, e ainda poder ser combinado com outros sistemas de extração, como os que utilizam solventes, originando um processo misto. É importante destacar que os óleos vegetais são

fontes de vitaminas, pigmentos e lipídeos fosforados que são destruídos ou não aproveitados totalmente na extração com solvente orgânico (PEREIRA, 2011).

O óleo de semente de moringa extraído de prensa hidráulica obteve maior concentração de constituinte de ácido oleico, seguido de palmitato e linoleico com 17,03, 15,58 e 10,97mg/L, respectivamente, como mostra a Tabela 2. A utilização de outros métodos de extração ou até mesmo combinado com outros sistemas de extração. Pode-se observar maior concentração desses componentes nos estudos realizados por Dinisha e colaboradores (2018) ao estudarem o efeito de diferentes métodos de extração (*soxhlet*, solvente e super crítico) na composição nutricional e antinutricional do óleo de semente de moringa, encontraram valores que variavam de 69,25 a 73,84% de ácido oleico e por Zhong e colaboradores (2018) ao avaliarem a composição de ácidos graxos do óleo de semente de moringa obtido por diferentes técnicas de extração identificaram cromatograficamente variação de 68,14 a 68,36% de ácido oleico, não diferindo significativamente entre as técnicas utilizadas (extração com solvente convencional, ultrassom e micro-ondas).

Tabela 2 – Concentração dos ácidos graxos (mg/L) em diferentes métodos de extração

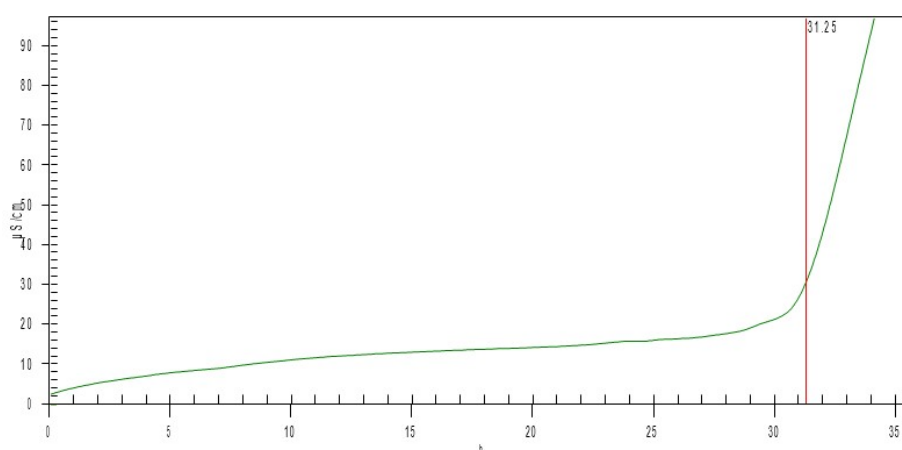
Ácido graxo	Concentração (mg/L)
Palmitoleato (C16:1 ω 9)	1,50 \pm 0,02
Palmitato (C16:0)	15,58 \pm 0,02
Oleico (C18:1 ω 9)	17,03 \pm 0,01
Linoleico (C18:2 ω 6)	10,97 \pm 0,03
Estearico (C18:0)	2,85 \pm 0,04

Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem entre si, pelo teste de Tukey, em nível de 5% de significância ($P < 0,05$). n.d.= não detectado

Fonte: Bery (2020).

O tempo necessário para que o óleo de semente de moringa oxide é acima de 31 horas à 110°C, como mostra a Figura 1. A determinação do período de indução é importante para armazenamento e transporte do óleo e também para desenvolvimento de novos produtos, caso necessite de aquecimento. A presença de ácido oleico, em maior concentração, quando comparado com outros ácidos graxos, interfere positivamente no aumento da estabilidade oxidativa.

Figura 1 - Estabilidade oxidativa do óleo de moringa



Fonte: Autores (2020).

Diante do exposto sugere-se um estudo de extração de óleo de semente de moringa por diferentes rotas de extração e comparar os constituintes nutricionais e propriedades físicas deste óleo para utilizá-lo no desenvolvimento de novos produtos, rações por exemplo, ou suplementá-lo em rações comerciais.

A produção de rações balanceadas para peixes crescem de forma notável nos últimos anos. Visto que a piscicultura possui o maior volume de produção 37 em todos os continentes, com contribuição entre 63 e 68% da produção. Como resultado, em 2015, representou 67,8% do total da produção da aquicultura mundial (ZHOU, 2017).

O desenvolvimento de rações focadas em espécies nativas, isto é, a necessidade de pesquisas de nutrição espécie-específica. Outro ponto é a necessidade de rações que melhorem a imunidade animal, visto a densidade utilizadas em cultivos intensivos (GODOY, 2019).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O óleo de semente de Moringa é uma matéria prima rica em teor lipídico, com presença de ácidos graxos, principalmente o oleico, importante para alimentação dos peixes e principalmente apresenta estabilidade oxidativa à 110°C e um bom rendimento para extração.

REFERÊNCIAS

- BENTO, J. A. C.; SILVA, M. O. M.; SILVA, N. P.; GONÇALVES, M. A. B.; EVANGELISTA, A. W. P.; MOURA, C. J.; NOGUEIRA, R. G. Avaliação das metodologias de prensagem a frio, soxhlet e bligh dyer, na extração do óleo de pinhão manso. **Revista Processos Químicos**. 2017.
- DINESHA, B. L. et al. Efecct of extraction metods on physicochemical, nutritional, antinutritional, antioxidante and antimicrobial activity of Moringa (*Moringa oleifera* Lam) seed kernel oil. **Journal of applied and natural Science**. p 287-295, 10(1), 2018.
- DE OLIVEIRA, P.V.C. Utilização de moringa oleífera na alimentação animal. *Braz. J. of Develop.*, Curitiba, v. 6, n. 7, p. 53881-53893, Jul. 2020.
- EN 14112 – Fat and Oil Derivatives – Fatty Acid Methyl Esters (FAME) – Determination of oxidation stability (accelerated oxidation test). 2003.
- HARTMAN, L.; LAGO, R. C. A. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. *Labs Practice.*, v. 22, p. 475-476, 1973.
- IAL – Instituto Adolfo Lutz. Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos, 1ª edição digital, 4a edição, Instituto Adolfo Lutz: São Paulo, 2008, cap. 4
- LIÑAN, F., Moringa oleifera el Árbol de la Nutrición. **Revista Ciência y la Salud Virtual**. v.2, n. 1. 2010.
- LISITA, F. O et al. Cultivo e Processamento da Moringa na alimentação de Bovinos e Aves. Circular técnico Embrapa, Corumbá, MS Setembro, 2018.
- MOURA, C. V. R.; SILVA, B. C.; CASTRO, A. G.; MOURA, E. M.; VELOSO, M. E. C.; SITTOLIN, I. M.; ARAUJO, E. C. E. Caracterização físico-química de óleos vegetais de oleaginosas adaptáveis ao Nordeste Brasileiro com potenciais para produção de biodiesel. **Revista virtual de química**. 11 (3), 573-595. 2019.
- PEREIRA, C.S. S.; COELHO, G. L. V.; MENDES, M. F. Avaliação de diferentes tecnologias na extração do óleo do pinhão manso. (*Jatropha curcas* L). **Revista de Ciência da Vida**, v.31, 2011.

CAPÍTULO 2

QUEBRA DE DORMÊNCIA EM SEMENTES DE *ENTEROLIBIUM SCHOBURKI* BERTH

DORMANCY BREAKING IN ENTEROLIBIUM SCHOBURKI BERTH SEEDS.

*Henrique da Silva Barata¹
Stanley William Costa Dias²
Andreza Araújo de Sousa³
Sávio Belém dos Santos⁴
Mauricelia Costa da Costa⁵
João Vitor Ferreira da Silva⁶
Shirley Batista Pinheiro⁷*

DOI: 10.46898/rfbe.9786558890225.2

1 Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0001-6356-4629>. henriquebarata2000@gmail.com.
2 Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0002-0402-7513>. stancosta85@gmail.com.
3 Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0001-9571-8186>. andrezaaxaraujo@gmail.com.
4 Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0001-5567-2013>. saviobelem32@gmail.com.
5 Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0002-9779-4518>. mahiacosta.para@gmail.com.
6 Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0002-5142-7261>. Jovitor838@gmail.com.
7 Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0002-0089-3588>. shirleybatista8@gmail.com.

RESUMO

Enterolobium schomburgkii Benth (Orelha-de-macaco) é uma espécie florestal perene, pertencente à família das leguminosas, fabaceae, de extrema relevância para as ciências florestais, podendo ser plantada em áreas de degradação de solo, tendo potencial de se desenvolver nesse ambiente, além de apresentar importância econômica por conta do valor da madeira. O trabalho teve como objetivo avaliar os métodos de quebra de dormência em sementes de *E. schomburgkii* sob diferentes variáveis. O experimento foi conduzido no laboratório de sementes pertencente ao Instituto de Ciências Agrárias, localizado na Universidade Federal Rural da Amazônia - Campus Belém. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado. Os tratamentos foram: tratamento controle, escarificação na lateral, embebição em ácido por 10 minutos, embebição em ácido 20 minutos e escarificação + embebição em água, compostos de cinco repetições com 16 sementes em cada. Com base nos resultados, é possível destacar que todos os tratamentos exceto o tratamento controle apresentaram bom desempenho na quebra de dormência.

Palavras-chave: *Enterolobium schomburgkii* Benth. Sementes. Dormência.

ABSTRACT

Enterolobium schomburgkii Benth (Monkey Ear) is a perennial forest species, belonging to the legume family, fabaceae, of extreme relevance to the forest sciences, and can be planted in areas of soil degradation, having the potential to develop in this environment, besides presenting economic importance due to the value of the wood. The work aimed to evaluate the methods of breaking dormancy in *E. schomburgkii* seeds under different variables. The experiment was conducted in the seed laboratory belonging to the Institute of Agricultural Sciences, located at the Federal Rural University of the Amazon - Campus Belém. The experimental design used was completely randomized. The treatments were: control treatment, scarification on the side, acid soaking for 10 minutes, acid soaking for 20 minutes and scarification + water soaking, composed of five replicates with 16 seeds in each. Based on the results, it is possible to highlight that all treatments except the control treatment performed well in breaking dormancy.

Keywords: *Enterolobium schomburgkii* Benth. Seeds. Dormancy.

1 INTRODUÇÃO

Pelo grande valor econômico da madeira de *Enterolobium schomburgkii* Benth (Orelha-de-macaco), esta espécie tem sido largamente explorada dentro da floresta amazônica. Dado a necessidade de se estabelecer técnicas alternativas de manejo flo-

restal que acelerem a recomposição da mata, melhorem a composição florística e aumentem o rendimento econômico por unidade de área. (SOUZA; VARELA 1989, p.19)

Diversas culturas vegetais é recorrente o comportamento de algumas sementes que, mesmo possuindo conjunturas factíveis, não germinam, ainda que possuam circunstâncias oportunas para germinação. Desse modo estas sementes são denominadas dormentes e possivelmente podem requerer um cuidado especial para germinar.

Para Baskin e Baskin (2004), dormência significa um fenômeno caracterizado pela incapacidade da semente germinar, durante determinado período de tempo, sob combinações de condições ambientais que seriam favoráveis à germinação a partir do momento em que a sementes supera a dormência favorece a perpetuação da espécie.

De acordo com Bewley & Black (1994), a dormência é um acontecimento característico da semente, exercendo como atividade habitual de veemência a elementos antagônicos do meio, sendo capaz de expressar-se de três formas: dormência imposta pelo tegumento, dormência embrionária e dormência devido ao desequilíbrio entre substâncias promotoras e inibidoras da germinação.

Segundo Nascimento (1982) existem vários tipos de dormência, porém, a mais comum, mais simples e eficiente é a dormência devido a impermeabilidade do tegumento à água, sendo conhecida também como dureza das sementes e este tipo de dormência é comum entre as leguminosas, como as *Fabáceas*.

Culturas que proliferam sementes rígidas configuram um sério gargalo para os viveiristas, pois, o tegumento impermeável limita a absorção de água e oxigênio, exibindo resistência física ao crescimento da muda, o que atrasa a germinação, sendo prejudicial à produção de mudas (MOUSSA et al., 1998).

Essa classe de dormência pode ser superado por procedimentos de escarificação (MAYER e POLJAKOFF-MAYBER, 1989), por deglutição realizada por animais, pelo exercício de microrganismos, pela acidez comum do solo e pelas queimadas (COPELAND e MCDONALD, 1995), os quais acarretam a quebra ou o alquebramento do tegumento, facilitando a absorção de água e gases dando início a germinação.

Para Albuquerque et al., (2007) dentre mecanismo exercidos com resultados positivos para a quebra da dormência de espécies vegetais acentua-se a escarificação química, mecânica e a imersão em água quente. A utilização e a eficiência desses tratamentos é dependente da intensidade da dormência, com alto teor de variabilidade entre espécies, procedências e anos de coleta. A baixa percentagem de germinação ou emergência pode ser uma consequência de problemas como dormência das sementes, baixo vigor ou devido a fatores ambientais como temperatura, luz, dificuldades de

embebição, que por não serem bem conhecidos, dificultam o manuseio e causam prejuízos. (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

A impermeabilidade do tegumento pode ser superada por meio da escarificação, termo que se refere a qualquer tratamento que resulte na ruptura ou no enfraquecimento do tegumento, permitindo a passagem de água e dando início ao processo germinativo (MAYER & POLJAKOF-MAYBER, 1989)

A escarificação mecânica caracteriza-se em um procedimento simples e de pequeno custo, sendo apontada como o processo de maior aplicabilidade e mais afetivo e para a promoção da germinação em sementes de *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul., *Cassia grandis* L., *Samanea saman* Merrill (LOPES et al., 1998), e *Cupania vernalis* Camb. (LIMA JÚNIOR, 2004). No entanto, a escarificação utilizada excessivamente pode acarretar nocividade ao tegumento e minimizar a germinação (MCDONALD & COPELAND, 1997).

O uso do ácido sulfúrico é comum para a quebra da dormência tegumentar, no entanto a sua eficiência está relacionada com o tempo de exposição ao ácido e à espécie. Para sementes de *Dimorphandra mollis* Benth., a dormência foi superada com a imersão no ácido sulfúrico por 45 a 90 minutos (HERMANSEN et al., 2000). Em *Brachiaria brizantha* cv. MG5A a utilização de ácido sulfúrico permitiu o aumento na germinabilidade de sementes, sendo mais efetiva a exposição por 5 minutos (ALMEIDA & SILVA, 2004).

Outro sistema utilizado para ocasionar a quebra de dormência da semente com tegumento impermeável é o da água quente ou fervente. Este procedimento possui maior aplicabilidade por deter baixa complexidade, baixo custo e ser de fácil manuseio sendo, portanto, recomendado para uso pelos viveiristas (BLANCHETTI, 1981a). Diante do exposto, neste trabalho foi avaliada a eficiência de diferentes métodos para a superação da dormência em sementes de *Enterolobium Schomburgkii* Benth (Orelha-de-macaco).

O trabalho teve como objetivo avaliar a quebra de dormência de sementes de *Enterolobium Schomburgkii* Benth sob diferentes métodos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Dormência de sementes

A propagação de espécies florestais muitas vezes são limitadas pela dormência de suas sementes, que ocorre geralmente pela dificuldade da entrada de água por meio

tegumento Carvalho e Nakagawa (2000), sendo inviável o desenvolvimento saudável da plântula.

A impermeabilidade tegumentar das sementes geralmente está associada a várias Espécies botânicas, principalmente a Fabaceae, esse mecanismo impede o transporte de água do meio externo para o meio interno das sementes, diminuindo a chance germinação (MOUSSA et al., 1998).

2.2 Substrato

Para o desenvolvimento de plântulas durante o processo germinativo é necessário a utilização de algum substrato. A disponibilidade de água e nutrientes é um dos principais funções do substrato no processo da superação a dormência das sementes (FIGLIOLIA et al., 1993)

2.3 Métodos de superação de dormência

Para superar a dormência das sementes são utilizados diversos métodos, todos eles são empregados com a função de diminuir o tempo de emergência das plântulas após o plantio (BALBINOT; LOPES, 2006).

A superação de dormência pode ocorrer por meio do método de escarificação que consiste no enfraquecimento do tegumento para permitir a passagem de água pra dentro da semente (MAYER; POLJAKOFF-MAYBER, 1989).

A embebição em ácido sulfúrico é um método muito utilizado na superação de dormência de sementes. Tem sido citado por diversos autores como um dos métodos mais eficientes (ALCÂNTARA BRUNO et al., 2001)

3 METODOLOGIA

O experimento foi realizado no Laboratório de Sementes, localizado no Instituto de Ciências Agrárias na Universidade Federal Rural da Amazônia - Campus Belém. As sementes utilizadas no teste, durante a pesquisa, foram fornecidas pelo mesmo laboratório. Foram utilizados cinco tratamentos e cinco repetições, sendo cada unidade experimental constituída por 16 sementes. O substrato utilizado foi o Tropstrato (tabela 1).

Tabela 1 - Composição do substrato Tropstrato.

COMPOSIÇÃO
Superfosfato simples
Nitrato de potássio
Carvão vegetal
Casca de pinus
Vermiculita
*Valores não informados.

Fonte: Rótulo da embalagem de Tropstrato

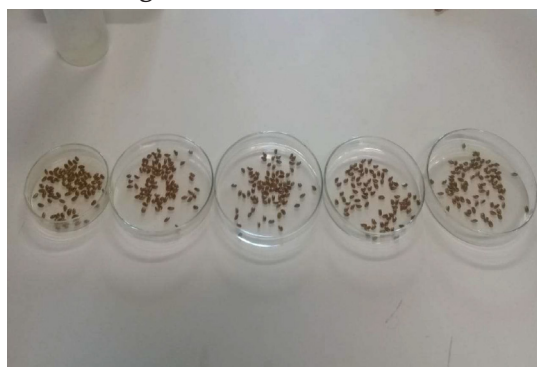
3.1 Tratamento controle (TC)

Para o tratamento controle, foram utilizadas oitenta sementes com cinco repetições, sendo utilizadas dezesseis sementes em cada repetição, para este teste não foi utilizado nenhum tipo de tratamento pré-germinativo, com o intuito de averiguar a destreza da germinação com nenhum tipo de alteração, ou seja, de modo natural.

3.2 Escarificação na Lateral (ESC L)

Foram utilizadas 80 sementes para este tratamento, onde foi realizada a escarificação na base lateral da semente, com cinco repetições com dezesseis sementes, para isso foi utilizado uma lixa atritando-se parte do tegumento correspondente

Figura 1 - Sementes intactas

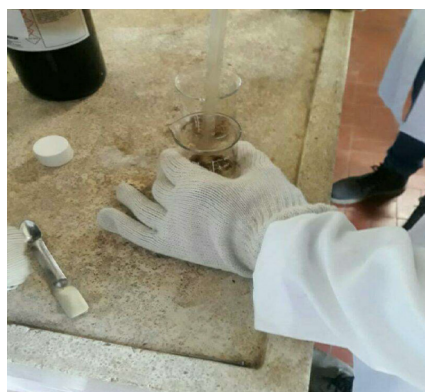


Fonte: Os autores (2019).

3.3 Embebição em Ácido sulfúrico nos tratamentos (AC 10) e (AC 20) por 10 e 20 minutos, respectivamente.

Nesses tratamentos as sementes foram imersas em ácido sulfúrico concentrado (98%), por 10 e 20 minutos dentro erlenmeyer, misturadas ao ácido com o auxílio de um bastão de vidro, as sementes foram mexidas lentamente, adiante, as sementes foram deixadas em descanso durante os períodos propostos. Após o tempo de exposição, as sementes foram retiradas do recipiente e, com o auxílio de uma peneira, lavadas em água corrente para eliminar a ação do produto e posteriormente, deixadas por cinco minutos e secas em papel toalha. Cada tratamento possui cinco repetições com 16 sementes em cada.

Figura 2 - Procedimento de embebição em ácido sulfúrico.



Fonte: Os autores (2019).

3.4 Escarificação na lateral e embebição em água (ESC+EM)

Foram utilizadas 80 sementes para este tratamento, em escarificação na base laterais das sementes, com cinco repetições de 16 sementes. Para realização do procedimento foi utilizado uma lixa e raspando-se parte do tegumento correspondente.

Após a escarificação das sementes na lixa, as sementes foram submetidas à embebição em água durante 30 minutos. Após o período de repouso foram retiradas e colocadas sobre papel absorvente para remoção do excesso de umidade.

Figura 3 - Procedimento de embebição realizado.

Fonte: Os autores, 2019.

Depois que todos os tratamentos foram realizados, as sementes foram plantadas em 25 vasos e postas em câmara de germinação, permutando a ordem dos tratamentos e repetições aleatoriamente. O período germinativo foi observado durante 10 dias e as contagens foram realizadas diariamente.

As variáveis calculadas foram as seguintes:

- Germinação (G): calculada pela fórmula $G = (N/100) \times 100$, em que: N = número de sementes germinadas ao final do teste. Unidade: %.

- Índice de velocidade de germinação (IVG): calculado pela fórmula $IVG = \sum (n_i/t_i)$, em que: n_i = número de sementes que germinaram no tempo 'i'; t_i = tempo após instalação do teste; $i = 1 \rightarrow 10$ dias. Unidade: adimensional.

- Tempo médio de germinação (TMG): calculado pela fórmula $TMG = (\sum n_i t_i) / \sum n_i$, em que: n_i = número de sementes germinadas por dia; t_i = tempo de incubação; $i = 1 \rightarrow 10$ dias. Unidade: dias.

- Velocidade média de germinação (VMG): calculada pela fórmula $VMG = 1/t$ em que: t = tempo médio de germinação. Unidade: dias⁻¹. Além disso foram analisadas análises morfológicas.

Foram feitas medições morfométricas, realizadas no fim do período germinativo. Além da secagem da matéria em estufa d posterior, pesagem de massa seca em balança analítica.

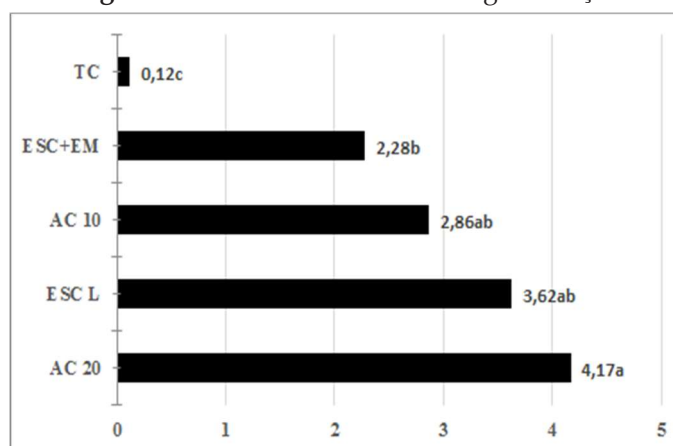
Figura 4 - Medição de parte aérea.



Fonte: Os autores, 2019.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

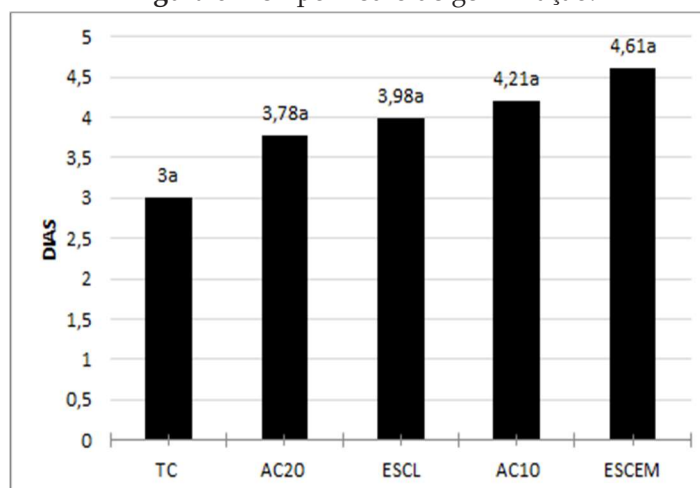
Figura 5 - Índice de velocidade de germinação.



Fonte: Os autores (2019).

O que se obteve maior prevalência em crescimento veio a ser o tratamento com embebição em ácido a 20 minutos. O tratamento que obteve o menor desempenho em velocidade foi o tratamento controle, com um índice de 0,12c que se comparado aos demais é um índice abaixo da média dentre os resultados.

O baixo índice de germinação do tratamento controle evidencia que quando não se adere métodos de estímulo para a quebra de dormência, a semente em seu modo natural tem uma velocidade significativamente lenta, se comparado ao tratamento de escarificação + embebição em água que obteve a segunda menor velocidade em sua germinação, o tratamento controle teve uma velocidade dezoito vezes menor.

Figura 6- Tempo médio de germinação.

Fonte: Os autores (2019).

Observa-se que o tratamento controle apresentou a menor média para germinação do total de sementes desabrochadas, em despropósito o tratamento utilizando o método de escarificação na lateral + embebição em água apresentou o maior tempo médio para a germinação das sementes com aproximadamente cinco dias, entretanto, não apresentando diferenças estatísticas dos demais métodos.

O tratamento controle apesar de apresentar menor tempo médio de germinação, o índice de plantas germinadas por repetição foi inferior comparado aos demais tratamentos, com 3,7% de sementes germinadas (Tabela 2). O tratamento utilizando a escarificação + embebição em água das sementes apesar de apresentar maior tempo médio de germinação contou com 88,7% de sementes germinadas (Tabela 2).

Tabela 2 - Análises de germinação.

TRATAMENTOS	%G	IVG	TMG
TC	3,7 b	0,12 c	3 a
ESC L	85 a	2,28 b	3,78 a
AC 10	73,7 a	2,86 ab	4,21 a
AC 20	92,5 a	3,62 ab	3,78 a
ESC+EM	88,7 a	4,17 a	4,61 a

***%G: Porcentagem de Germinação. **IVG: Índice de Velocidade de Germinação. ***TMG: Tempo Médio de Germinação.

***%G: Porcentagem de Germinação. **IVG: Índice de Velocidade de Germinação. ***TMG: Tempo Médio de Germinação.

Em critérios estatísticos, não houve diferença significativa dos métodos de quebra de dormência adotados em comparação entre si, no que refere-se a porcentagem de sementes germinadas. No entanto, quando comparados com o tratamento controle,

é possível perceber diferença, onde fica expresso que o tratamento controle apresentou menor porcentagem de germinação. Na variável que análise o índice de velocidade de germinação (IVG), há significante diferença entre os tratamentos adotados. O método de Escarificação + Embebição em água foi classificado com maior IVG, sendo interpretado como o tratamento que apresentou maior taxa de velocidade de germinação. Na quarta coluna, são apresentados os resultados sobre o tempo médio de germinação (TMG), onde não houve diferença estatística entre os tratamentos.

Tabela 3 - Análises de dados morfológicos.

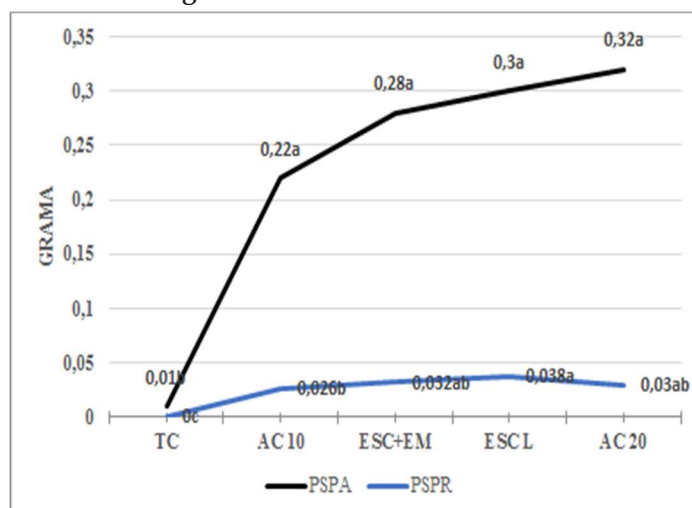
TRATAMENTOS	NPN	NPA	N FOLHAS	ALTUR			
				A	CR	PSPA	PSPR
TC	0,6 b	0 a	1,8 a	3,42 b	1,58 b	0,01 b	0 c
ESC L	12 a	0,8 a	2,74 a	8,02 a	5,11 a	0,3 a	0,038 a
AC 10	11,8 a	0,4 a	2,82 a	7,91 a	3,87 a	0,22 a	0,026 b
AC 20	14,8 a	0,2 a	2,65 a	8,2 a	4,59 a	0,32 a	0,03 ab
ESC+EM	14 a	0,2 a	2,85 a	7,28 a	4,6 a	0,28 a	0,032 ab

*NPN: Número de plantas normais. **NPA: Número de plantas anormais. ***CR: Comprimento de raiz. ****PSPA e PSPR: Peso seco de parte aérea e peso seco de parte de raiz.

Pode-se observar que, o tratamento de escarificação na lateral da semente apresentou maiores médias em relação ao peso, o que pode estar ligado ao maior desenvolvimento radicular. Em relação às variáveis de NPN, CR, ALTURA e PSPA, os tratamentos não se diferem entre si, apenas quando em comparação com o tratamento controle. E NPA e N FOLHAS não apresentaram diferença estatística em relação aos tratamentos, como fica expresso na tabela 3.

Foi avaliado o peso de massa seca das plantas germinadas em duas variáveis: Peso seco de parte aérea e peso seco de parte de raiz. Com o objetivo de analisar, dentro dos parâmetros estatísticos, se há significância dessas variáveis em função dos tratamentos testados. Os resultados são dispostos na figura 7.

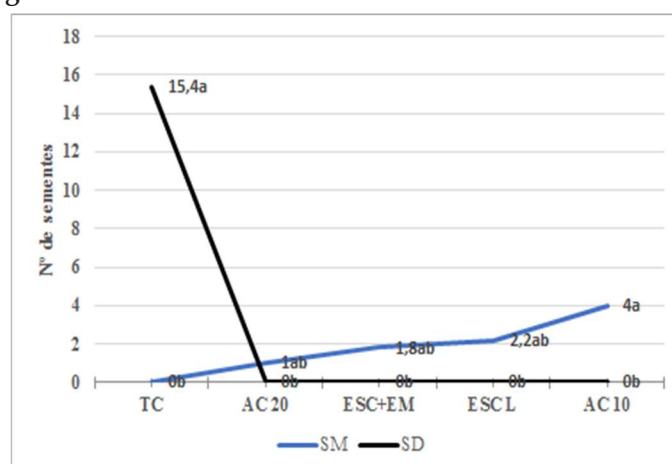
Figura 7- Variáveis de massa seca.



Fonte: Os autores (2019).

Fica evidente uma relação com o crescimento em função do tratamento analisado, em exemplo, o tratamento controle apresentou menores médias de crescimento de parte aérea e raiz. Porém, em contrário, o tratamento de escarificação na lateral apresentou maior média de crescimento de raiz e segunda maior média em crescimento de parte aérea. Resultados semelhantes podem ser observados também para o tratamento de Embebição em ácido por 20 minutos, com maior média de crescimento de parte aérea e terceira maior média de crescimento de raiz. Todos os métodos de quebra de dormência não apresentaram diferença estatística entre si, somente quando comparados com o tratamento controle em relação ao peso seco de parte de raiz. Na variável PSPA, o método com maior peso foi escarificação na lateral, diferenciando-se dos demais tratamentos.

Figura 8- Variáveis de sementes mortas e sementes dormentes.



Fonte: Os autores (2019).

A diferença entre os tratamentos quanto ao resíduo de sementes dormentes é notório. Em conceito, semente dormente é aquela que ao fim do experimento não emergiu mas mesmo assim ainda tem condições para fazê-lo, diferenciando-se de sementes

mortas. Para essa variável, o tratamento controle ficou bem acima dos demais, visto que, em comparação aos outros tratamentos, o tratamento controle não teve nenhum estímulo pré germinação, resultando no alto número médio de sementes dormentes. Em contrapartida, os tratamentos que receberam algum estímulo, apresentaram maiores índices de sementes mortas que são sementes que ao fim do experimento estão deterioradas e sem condições de germinação. Isso pode ter ocorrido em razão das sementes dos tratamentos estarem mais expostas, devido ao desgaste nos processos aos quais foram submetidas respectivamente, ou seja, estão mais suscetíveis à decomposição.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não há uma grande diferença entre os tratamentos, com exceção do tratamento controle que se obteve um resultado maior de sementes dormentes.

O tratamento de embebição em ácido a 20 minutos demonstrou eficiência nas variáveis de IVG, crescimento da parte aérea da planta e um considerável crescimento de raiz, sendo considerado o tratamento com germinação mais rápida. Essa espécie apresenta tempo prolongado de germinação, o que pode vir a gerar dificuldade para a reprodução da mesma em nível ecológico, diminuindo o número de exemplares em áreas de mata nativa ou de regeneração natural.

Sendo assim, é importante buscar meios para contornar essa dificuldade, levando em consideração que mesmo quando as sementes estão em condições favoráveis elas necessitam da técnica da quebra de dormência. Essa técnica é de suma importância para se evitar grandes perdas na produção e viabilizar a produção de mudas em maior escala.

Em função da escassez de algumas informações sobre as melhores técnicas para quebra de dormência de sementes florestais, em especial as de *Enterolobium schomburgkii* Benth (Orelha-de-macaco), recomenda-se a continuação das pesquisas para a obtenção de resultados capazes de acelerar de forma cada vez mais eficaz os processos de quebra de dormência das sementes, possibilitando um maior aproveitamento do material utilizado.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Keline Sousa et al. Métodos para a superação da dormência em sementes de sucupira-preta (*Bowdichia virgilioides* Kunth.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 6, p. 1716-1721, 2007.

BRUNO, Riselane LA et al. Tratamentos pré-germinativos para superar a dormência de sementes de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 2, p. 136-143, 2001.

- AYER, A.C.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. London: PergamonPress, 1989. 270p.
- BALBINOT, Ernando; LOPES, Higino Marcos. Efeitos do condicionamento fisiológico e da secagem na germinação e no vigor de sementes de cenoura. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 1, p. 1-8, 2006.
- BASKIN, Jerry M.; BASKIN, Carol C. A classification system for seed dormancy. **Seed science research**, v. 14, n. 1, p. 1-16, 2004.
- Bewley, J. D. and Black, M. (1994) **Seeds Physiology of Development and Germination**. 3rd Edition, Plenum Press, New York, 445 p.
- BIANCHETTI, A. **Métodos para superar a dormência de sementes de bracatinga (Mimosa scabrella Benth.)**. Colombo: EMBRAPA-URPFCS, 1981.
- Carvalho NM, Nakagawa J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP; 2000. 588 p.
- COPELAND, L.O.; MCDONALD, M.B. **Principle of seed science and technology**. New York: Chapman & Hall, 1995. 409p
- Figliolia M. B., Oliveira E. C., Piña-Rodrigues FCM. Análise de sementes. In: Aguiar IB, Piña-Rodrigues FCM, Figliolia MB, coordenadores. **Sementes florestais tropicais**. Brasília: ABRATES; 1993. p. 137-174.
- LIMA JÚNIOR, E. de C. **Germinação, armazenamento de sementes e fisio-anatomia de plantas jovens de Cupania vernalis Camb.** 2004. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Agronomia Fisiologia Vegetal) -Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- LOPES, C. L. et al. Germinação de sementes de espécies florestais de *Caesalpinia ferrea* Mart.ex Tul. var. *leiostachya* Benth., *Cassia grandis* L. e *Samanea saman* Merrill, após tratamentos para superar a dormência. **Revista Brasileira de Sementes**, v.20, n.1, p.80-86, 1998.
- MAYER, A. M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. Oxford: Pergamon, 1989. 270 p.
- McDONALD, M. B.; COPELAND, L. O. **Seed production: principles and practices**. New Jersey: Chapman & Hall, 1997. 749 p.
- MOUSSA, H.; MARGOLIS, H. A.; DUBÉ, P. A.; ODONGO, J. Factores affecting the germination of doum palm (*Hyphaene thebaica* Mart.) seeds from the semi-arid of Nger, West Africa. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 104, n. 1/3, p. 27-34, May 1998.
- DO NASCIMENTO, M. do PSCB. **Germinação de sementes de leguminosas forrageiras nativas submetidas a tratamentos para a quebra da impermeabilidade do tegumento**. EMBRAPA-UEPAE de Teresina, 1982.

SOUZA, S. G. A. de; VARELA, V. P. Tratamentos pré-germinativos em sementes de Faveira-orelha-de-macaco (*Enterolobium schomburgkii* Benth). **Acta Amaz.**, Manaus, v. 19, p. 19-26, 1989.



CAPÍTULO 3

AVALIAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DE RAÍZES E FÉCULAS DE TRÊS VARIEDADES DE MANDIOCAS PRODUZIDAS NO ESTADO DO PARÁ

EVALUATION OF THE CHARACTERISTICS OF ROOTS AND STARCH OF THREE VARIETIES OF CASSAVA PRODUCED IN THE STATE OF PARÁ

*Priscilla Andrade Silva¹
Henrique da Silva Barata²
José Nilton da Silva³
Vicente Filho Alves Silva⁴
Fábio Israel Martins Carvalho⁵
Alessandra Santos Lopes⁶
Rosinelson da Silva Pena⁷*

DOI: 10.46898/rfbe.9786558890225.3

¹ Universidade Federal Rural da Amazônia. <http://orcid.org/0000-0002-2774-3192>. prisciandra@yahoo.com.br
² Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0001-6356-4629>. henriquebarata2000@gmail.com
³ Universidade Federal Rural da Amazônia. <http://orcid.org/0000-0003-0298-9126>. jose.nilton@ufra.edu.br
⁴ Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0003-23966986>. vicente.silva@ufra.edu.br
⁵ Universidade Federal Rural da Amazônia. <http://orcid.org/0000-0002-8995-2141>. fabioimc@yahoo.com.br
⁶ Universidade Federal do Pará. <http://orcid.org/0000-0002-8584-5859>. aslopes@ufpa.br
⁷ Universidade Federal do Pará. <http://orcid.org/0000-0002-3900-205X>. rspena@ufpa.br

RESUMO

O Estado do Pará é o maior produtor brasileiro de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), a qual é destinada principalmente para a obtenção da farinha de mesa, embora a fécula seja o produto mais nobre extraído das suas raízes. O objetivo deste estudo foi caracterizar as raízes e as féculas de três variedades de mandioca produzidas no Estado do Pará e o amido dela extraído. A análise biométrica constatou que não há um padrão de tamanho e de forma para as raízes de mandioca. As féculas obtidas apresentaram elevada pureza em amido ($> 92\%$) e foram classificadas como “fécula tipo 1”, pela legislação brasileira. De acordo com a microscopia eletrônica de varredura (MEV), os grânulos de amido das féculas apresentaram forma arredondada e ligeiramente achatada em uma das extremidades, com superfície lisa e tamanhos diferentes para as três variedades. As temperaturas de gelatinização dos amidos das três féculas ($T_p = 74,4^\circ\text{C}$) não apresentaram diferença significativa ($p \geq 0,05$), porém o amido extraído da variedade *Pai Ambrósio* apresentou a maior entalpia de gelatinização ($\Delta H_{\text{gel}} = 5,88 \text{ J g}^{-1}$).

Palavras-chave: *Manihot esculenta*. Amido. Propriedades. MEV. DSC.

ABSTRACT

The State of Pará is the largest brazilian producer of cassava (*Manihot esculenta* Crantz), which is mainly used to obtain the cassava flour, although the cassava starch is the most valuable product extracted from its roots. The aim of this study was to characterize three varieties of cassava roots produced in the State of Pará and the starch extracted of them. According to the biometric analysis, there is no size or shape pattern for the cassava roots. All cassava starches presented high starch content ($> 92\%$) and were classified as “cassava starch type 1”, according to brazilian legislation. According to scanning electron microscopy (SEM), the starch granules of cassava starches were circular in shape and had some concave-convex characteristics, with smooth surface and different sizes for the three cassava varieties. The starch gelatinization temperature of the three cassava starches studied ($T_p = 74.4^\circ\text{C}$) showed no significant difference ($p > 0.05$), but the cassava starch extracted from the variety called *Pai Ambrósio* presented the highest gelatinization enthalpy ($\Delta H_{\text{gel}} = 5.88 \text{ J g}^{-1}$).

Keywords: *Manihot esculenta*. Starch. Properties. SEM. DSC.

1 INTRODUÇÃO

A cultura da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é conhecida no mundo há cerca de 9 mil anos, sendo uma das mais antigas do continente sul-americano (COELHO, 2018). A mandioca é uma cultura de extrema importância econômica e alimentar, pos-

sui grande adaptabilidade em ambientes cuja disponibilidade nutricional e hídrica é baixa (FIORDA et al., 2013).

O cultivo da mandioca no Brasil está historicamente associado aos grupos camponeses tradicionais, possuindo grande importância econômica e cultural para a agricultura familiar, fazendo parte da dieta alimentar das populações rurais e urbanas, consumido principalmente na forma de farinha (LOBO, 2018).

A mandioca é uma espécie de grande interesse agrônomo, que se adapta bem às condições edafoclimáticas brasileiras e é tolerante a estresses bióticos e abióticos, podendo apresentar rendimentos elevados até mesmo em solos já esgotados por outras culturas (EMBRAPA, 2005). A cultura da mandioca necessita de cuidados com seu manejo e adubação, para alcançar produtividade desejada (SOUZA et al., 2019)

O cultivo da mandioca representa uma das culturas de maior importância socioeconômica no Brasil, pois desempenha um papel social na geração de emprego e renda (SOUZA et al., 2019). possui elevada variabilidade genética, o que permite ser cultivada em diversas regiões (VASCONCELOS, 2018)

No Estado do Pará a mandioca é a principal fonte de carboidrato para uma significativa parcela da população de menor poder aquisitivo, e passou a ter importância econômica para os municípios produtores e para o Estado, através da comercialização da farinha de mandioca (CHISTÉ et al., 2007). Estima-se que na fase de produção primária e na produção de farinha de fécula são gerados 1 milhão de empregos diretos e que a atividade mandioqueira proporciona receita bruta anual de 2,5 bilhões de dólares e uma contribuição tributária de 150 milhões de dólares (EMBRAPA, 2012b).

Entre os produtos e subprodutos da mandioca, o mais versátil e valorizado é a fécula, denominação que a legislação brasileira dá à fração amilácea originária de raízes e tubérculos (BRASIL, 2005).

A fécula de mandioca, conhecida também, em algumas regiões brasileiras, como polvilho doce ou goma, é um pó fino, branco, inodoro, insípido, que produz ligeira crepitação quando comprimido entre os dedos (SILVA et al. 2012).

A Fécula é constituída por amilopectina e amilose, é extraído das raízes de mandioca após descascamento, trituração, desintegração, purificação, peneiramento, centrifugação, concentração e secagem, tem grande aproveitamento residual. Dentre os resíduos do processamento industrial da mandioca pelas feculárias, o farelo, massa ou bagaço, que consiste em material fibroso da raiz, contendo parte da fécula que não foi extraída no processamento (PEIXOTO et al., 2018).

A fécula de mandioca é uma matéria prima de grande interesse pelo baixo custo, além de apresentar custo-benefício elevado, apresenta várias funcionalidades como, reter o teor de vitamina C, resistência as trocas gasosas, além de ser resistentes a danos mecânicos. (LUVIELMO; LAMA, 2012).

A fécula de mandioca é constituída, em média, por 18% de amilose e 82% de amilopectina. A amilose é uma molécula essencialmente linear formada por unidades de glicose ligadas em α -1,4, e apresenta pequeno número de ramificações, enquanto a amilopectina é uma molécula altamente ramificada, também composta de unidades de glicose ligadas em α -1,4, mas com 5 a 6% de ligações em α -1,6, nos pontos de ramificação (NWOKOCHA et al., 2009).

A compreensão da estrutura dos grânulos de amido é importante no entendimento de suas propriedades físico-químicas, as quais determinam o comportamento do amido natural ou modificado, nos mais diversos processos industriais aos quais eles normalmente são submetidos. Em termos da organização dos grânulos e da estrutura de seus constituintes poliméricos, cada amido é único. Grupos de plantas (cereais, raízes, leguminosas e tubérculos) e mesmo plantas da mesma espécie, apresentam amidos com características e propriedades diferentes (RATNAYAKE; JACKSON, 2007).

Desta foram, o estudo objetivou-se caracterizar as raízes de três variedades de mandioca (Pai Ambrósio, Pocu e Paulo Velho) produzidas no Estado do Pará, e as féculas (amido) extraídas das mesmas, através de avaliação físico-química, morfológica e térmica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para a Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca (ABAM), o amido de mandioca, também conhecido como fécula ou polvilho doce, é um pó fino, branco, sem cheiro e sem sabor, que produz ligeira crepitação quando comprimido entre os dedos. O produto é extremamente versátil, sendo habitualmente utilizado como componente nos mais variados segmentos domésticos e industriais (ABAM, 2010).

O amido tem um mercado bastante diversificado e de elevado valor econômico, o que faz com que a busca por amidos com características específicas para atender este setor em constante inovação seja contínua (FERNANDES, 2019).

A legislação brasileira define amido como a fração amilácea encontrada nos órgãos aéreos, tais como grãos e frutos, e fécula como a fração amilácea encontrada nas raízes e tubérculos (BRASIL, 2005). A diferença de denominação indica uma diferença, não de composição química, mas de origem do produto amiláceo, além de uma forte diferenciação funcional e tecnológica (CARDOSO, 2005).

O rendimento do processo de transformação da mandioca em fécula depende muito do porte da empresa e da tecnologia empregada. Pode ser realizado em escala artesanal ou semi-industrial (CARDOSO, 2005). A produção é realizada em sua maioria por agricultores familiares e camponeses. No Norte e Nordeste, é largamente utilizada na alimentação humana e animal. Predominam sistemas de baixa tecnologia no plantio, em solos não irrigados, geralmente em consórcio com outras culturas de ciclo curto (COELHO, 2018).

O fluxograma de obtenção da fécula é o mesmo para todas as escalas de produção, o que varia é o tipo de equipamento utilizado. As etapas do processo consistem na lavagem das raízes, descascamento, ralação, adição de água, extração do amido da massa por agitação manual ou mecânica, separação da massa do leite de fécula por filtragem, separação do amido por decantação ou centrifugação, secagem do amido e acondicionamento. A partir da fécula podem ser fabricados diversos produtos como o polvilho azedo, a tapioca, o sagu (bolinhas de fécula), dentre outros (MATTOS et al., 2002).

A fécula de mandioca é constituída, em média, por 18% de amilose e 82% de amilopectina. Nos amidos de cereais, a amilose ocorre em porcentagens que variam de 20 a 25% (CEREDA, et al., 2001).

A fécula de mandioca, com porcentagem relativamente alta de amilose, é utilizada pela indústria alimentícia devido à alta claridade e a textura coesa da pasta, baixa tendência à retrogradação e a boa estabilidade do gel (MARQUES et al., 2006). Outras características vantajosas são o baixo intervalo de temperatura de gelatinização (65 a 70°C) e o rápido aumento da viscosidade durante a gelatinização (KARAM et al., 2005). Além disso, apresenta como vantagens a ampla produção no Brasil e a disponibilidade de informações na literatura quanto às suas propriedades químicas e físico-químicas (GUEREIRO, 2007).

A fécula e seus produtos derivados têm competitividade crescente no mercado externo de produtos amiláceos para a alimentação humana, ou como insumos em diversos ramos industriais tais como o de alimentos embutidos, embalagens, colas, mineração, têxtil e farmacêutica. É nesse mercado que ocorre a maior agregação de valor (CHUZEL; ZAKHAIA; CEREDA, 1995; MARTÍNEZBUSTOS et al., 2007). A produção mundial de mandioca aumentou de 124 milhões para 252 milhões de toneladas entre os anos de 1980 e 2011 segundo a FAO (2013).

3 METODOLOGIA

3.1 Matéria-prima

Foram utilizadas as raízes das três variedades de mandioca mais utilizadas pelos produtores de goma e de farinha de tapioca, no Estado do Pará, sendo: Pai Ambrósio (procedente do município de Acará); Pocu (procedente do município de Santo Antônio do Tauá) e Paulo Velho (procedente do município de Ourém – Comunidade de Patauateua). Todas as raízes apresentavam, pelo menos 14 meses de plantio.

3.2 Caracterização física das raízes

30 raízes de cada variedade de mandioca foram escolhidas aleatoriamente para a realização da análise biométrica. Foi determinado o rendimento em polpa das três variedades, através da relação mássica raiz sem casca/raiz integral, e com auxílio de um paquímetro metálico de 300 mm (marca Vonder) foram feitas as medidas de comprimento e largura das raízes.

3.3 Obtenção das féculas

As etapas realizadas na obtenção das féculas das três variedades de mandioca foram as seguintes: colheita, lavagem em água corrente, descascamento, sanitização ($100\text{mg Cl}_2 \text{ L}^{-1}$ 20 min), trituração, peneiramento e lavagem da massa, sedimentação (25°C 24h^{-1}) e lavagem, secagem a 60°C , moagem e acondicionamento a vácuo em sacos de polietileno ($\approx 200\text{g}$) e armazenadas à temperatura ambiente ($\approx 25^\circ\text{C}$) até o momento das análises.

3.4 Caracterização físico-química das féculas

Foram realizadas as seguintes análises, em triplicata: **Umidade** – por gravimetria, método 920.151 da AOAC (1997); **pH** – por potenciometria, método 981.12 da AOAC (1997); **Acidez total titulável** – segundo método 02-31 da AACC (1995); **Atividade de água (a_w)** – através de leitura direta em termohigrômetro digital; **Proteínas totais** – por Kjeldahl, método 920.87 da AOAC (1997), com fator de correspondência nitrogênio-proteína de 5,75 (proteínas vegetais) (BRASIL, 2003); **Lipídios** – pelo método 922.06 da AOAC (1997); **Cinzas** – através do método 930.05 da AOAC (1997); **Teor de amido** – conforme metodologia proposta por Cereda et al. (2004); **Cor instrumental** – por colorimetria *tristimulus*, através de leitura direta em colorímetro digital da marca Konica-Minolta, modelo CR 400, pelo sistema CIE Lab.

3.5 Análise morfológica das féculas

A caracterização morfológica dos grânulos de amido das féculas foi realizada por microscopia eletrônica de varredura (MEV) (modelo LEO-1430), com corrente do feixe de elétrons de 90 μA , voltagem de aceleração constante de 15 kv, distância de trabalho de 15 mm e elétrons secundários como tipo de imagens.

3.6 Análise térmica das féculas

As análises térmicas foram realizadas em analisador térmico diferencial e gravimétrico (marca Shimadzu, modelo DTG-60H), com razão de aquecimento de $15^{\circ}\text{C min}^{-1}$ e fluxo de ar sintético de 25 mL min^{-1} , na faixa de temperatura de 30 a 525°C . A determinação da temperatura de gelatinização dos amidos das féculas foi realizada com uma solução aquosa de fécula, com 20% de amido, por calorimetria diferencial de varredura (DSC) (marca Shimadzu, modelo DSC-60), com razão de aquecimento de $10^{\circ}\text{C min}^{-1}$ e fluxo de nitrogênio de 25 mL min^{-1} , na faixa de temperatura de 30 a 150°C , de acordo com Garcia et al. (1996).

3.7 Análise estatística

As análises físicas das raízes e físico-químicas das féculas foram realizadas em triplicata e os resultados foram avaliados através de análise de variância (ANOVA) e teste complementar de comparação de médias de Tukey, com auxílio do programa com auxílio do programa Statistica Kernel Release 7.1 (StatSoft Inc., 2006, Tulsa, OK, USA).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Caracterização física das raízes

O rendimento em polpa das três raízes estudadas foi de 68,6% ($\pm 0,81$), 88,0% ($\pm 0,02$) e 87,8% ($\pm 0,35$) para as variedades de mandioca Pai Ambrósio, Pocu e Paulo Velho, respectivamente. As variedades Pocu e Paulo Velho apresentaram rendimentos estatisticamente iguais ($p \geq 0,05$), e aproximadamente 20% superiores ao observado para a variedade Pai Ambrósio (Tabela 1). Os resultados indicam que as raízes das variedades Pocu e Paulo Velho podem proporcionar maiores rendimentos industriais.

As características biométricas avaliadas nas três raízes são apresentadas na Tabela 2. O comprimento, o diâmetro da parte superior e o diâmetro da parte intermediária das raízes foram diferentes ($p < 0,05$), para pelo menos uma variedade, enquanto o diâmetro da parte inferior e o peso médio das raízes não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$). Adetan et al. (2003) observaram diâmetro médio para raízes de uma cultivar de mandioca nigeriana de 8,8 cm. Já os comprimentos das três raízes foram

inferiores ao encontrado por Gomes et al. (2007) (22,6 cm), em estudo realizado com 100 clones de raízes de mandiocas brasileiras.

Tabela 1 - Valor médio e desvio-padrão para os parâmetros biométricos das raízes das três variedades de mandioca.

Parâmetros	Variedade da mandioca		
	Pai Ambrósio	Pocu	Paulo Velho
Comprimento (cm)	18,2 ± 4,28 ^a	16,5 ± 6,24 ^b	18,1 ± 7,23 ^a
Diâmetro da parte superior (cm)	6,16 ± 1,26 ^a	4,99 ± 1,12 ^b	4,52 ± 1,21 ^b
Diâmetro da parte intermediária (cm)	6,45 ± 1,39 ^a	5,76 ± 1,31 ^{ab}	5,21 ± 1,51 ^b
Diâmetro da parte inferior (cm)	2,98 ± 0,89 ^a	2,84 ± 0,91 ^a	2,89 ± 0,78 ^a
Peso médio da raiz (g)	387,9 ± 173,8 ^a	353,4 ± 197,05 ^a	341,1 ± 255,02 ^a

a,b Médias com letras iguais, na mesma linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p \geq 0,05$).

Os desvios-padrões representaram mais de 20% das médias para os parâmetros comprimento e diâmetro, e mais de 45% para o parâmetro peso médio da raiz, o que evidencia a inexistência de um padrão de tamanho e de forma para as raízes de uma mesma variedade.

4.2 Caracterização físico-química das féculas

A composição e os parâmetros físico-químicos das três féculas são apresentados na Tabela 2, bem como e o rendimento em fécula em relação às raízes sem casca. Os teores de umidade (<14%), amido (>80%), cinzas (<0,75%) e o pH (4,0-7,0) das féculas atenderam a legislação brasileira (BRASIL, 2005), de acordo com a qual as féculas são classificadas como “fécula tipo 1”. A acidez, e os teores de proteínas, lipídios e cinzas das féculas, seguiram as mesmas tendências observadas para os mesmos constituintes, por Leonel (2007) (1,05 meq NaOH 100g⁻¹), Charles et al. (2007) (0,08%), Cereda & Vilpox (2003) (0,10%) e Charles et al. (2007) (0,04%), respectivamente. A a_w inferior a 0,6 para todos os produtos garante a estabilidade microbiológica das féculas (JAY, 2005).

Tabela 2 - Valor médio e desvio-padrão para a composição, propriedades físico-químicas e rendimento de extração das féculas das três variedades de mandioca.

Parâmetros	Variedade da mandioca		
	Pai Ambrósio	Pocu	Paulo Velho
Umidade (%)	8,22 ± 0,08 ^c	13,64 ± 0,08 ^a	10,48 ± 0,18 ^b
Proteínas (%) ¹ (N x 5,75)	0,09 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,00 ^a
Lipídios (%) ¹	0,26 ± 0,02 ^a	0,26 ± 0,04 ^a	0,25 ± 0,01 ^a
Cinzas (%) ¹	0,08 ± 0,01 ^a	0,06 ± 0,01 ^a	0,08 ± 0,02 ^a
Amido (%) ¹	97,46 ± 0,28 ^a	96,55 ± 0,35 ^a	92,47 ± 0,73 ^b
Atividade de água (a _w)	0,26 ± 0,01 ^c	0,52 ± 0,01 ^a	0,39 ± 0,00 ^b
Acidez titulável ²	0,89 ± 0,00 ^b	0,96 ± 0,01 ^a	0,96 ± 0,00 ^a
pH	6,21 ± 0,14 ^a	6,06 ± 0,13 ^a	6,03 ± 0,09 ^a
Cor	97,00 ± 0,80 ^a	97,30 ± 0,20 ^a	97,03 ± 0,58 ^a
	0,14 ± 0,03 ^b	0,15 ± 0,06 ^{ab}	0,21 ± 0,04 ^a
	1,26 ± 0,53 ^a	1,21 ± 0,05 ^a	1,67 ± 0,08 ^a
Rendimento em fécula (%)	6,80 ± 0,07 ^c	15,50 ± 0,09 ^a	10,70 ± 0,11 ^b

¹Valores em base seca; 2meq NaOH 100g⁻¹. a,b,c Médias com letras iguais, na mesma linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey (p ≥ 0,05).

Fonte: Os autores.

O elevado teor de amido (>92%) e baixo de constituintes não amiláceos (<8%), juntamente com a combinação dos parâmetros de cor: L* próximo a 100, a* e b* próximos a zero, que asseguram a brancura dos produtos, indicam a excelente qualidade das féculas extraídas das três variedades de mandioca, em especial da Pai Ambrósio e da Pocu.

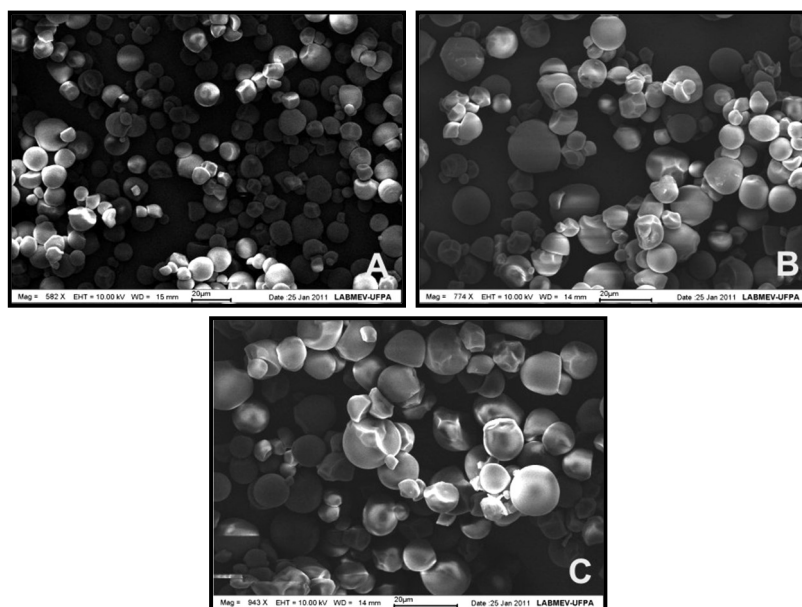
Os rendimentos de extração das féculas foram inferiores às médias observadas por Nunes et al. (2009) (20,64-33,25%) para três variedades de mandioca do semiárido baiano. As raízes das variedades Pocu e Paulo Velho, que apresentaram o maior rendimento em polpa, foram também as que apresentaram os maiores rendimentos em fécula, o que confirma a potencialidade industrial dessas variedades.

4.3 Análise morfológicas das féculas

Os grânulos de amido das féculas das três variedades de mandioca apresentaram forma arredondada e ligeiramente achatada em uma das extremidades, com superfície lisa (Figura 1); mesma forma observada por

Leonel (2007) para esse amido. Alguns grânulos apresentaram depressões na superfície, conferindo aspecto e formato irregular, truncado.

Figura 1 - Eletromicrografias dos grânulos de amido das féculas extraídas das mandiocas variedade: (A) Pai Ambrósio, (B) Pocu e (C) Paulo Velho.



Os diâmetros dos grânulos de amido das três féculas variaram de 2 μm a 30 μm , 2 a 20 μm e 10 a 20 μm , para as variedades de mandioca Pai Ambrósio, Pocu e Paulo Velho respectivamente. Leonel (2007) observaram diâmetros entre 14,39 e 17,1 μm e Cereda e Vilpoux (2003) entre 10 e 15 μm , para amidos de mandioca.

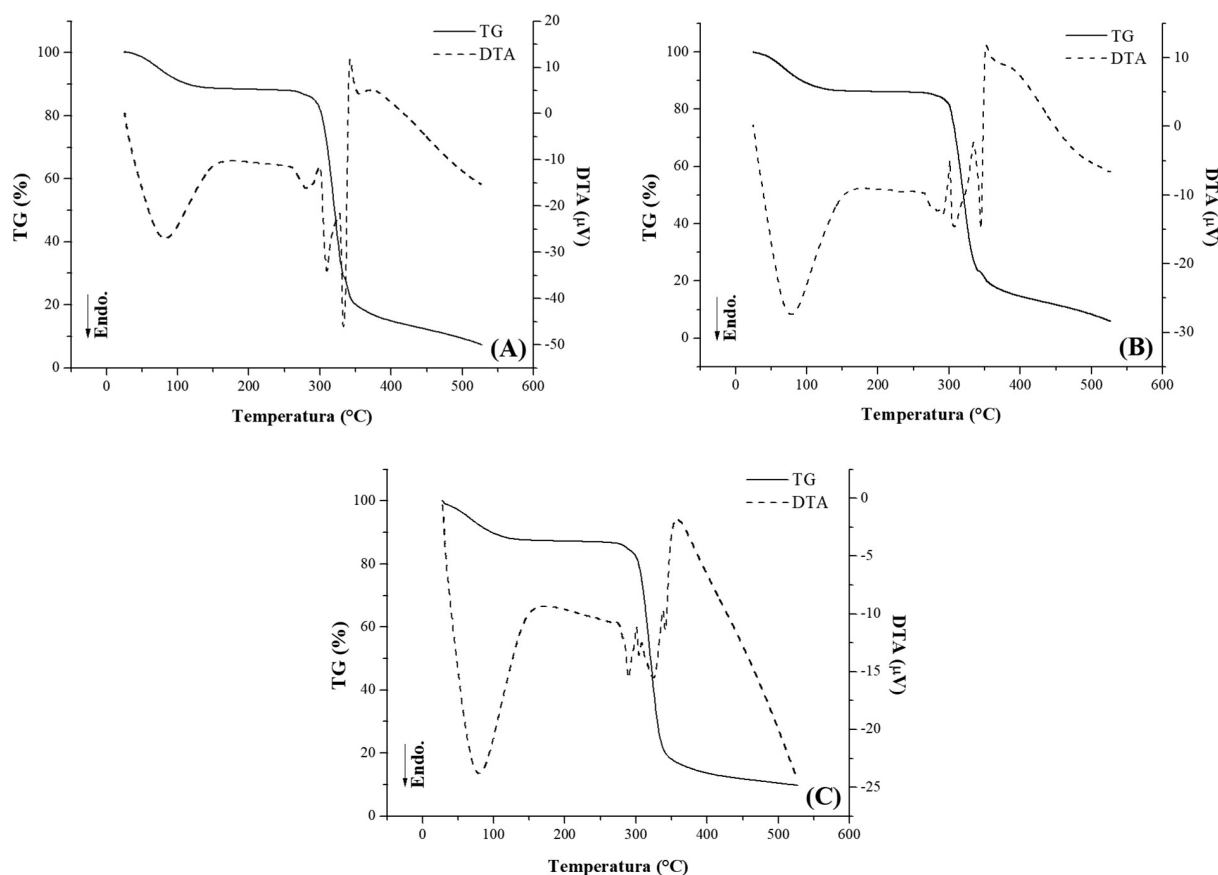
4.4 Análise térmica das féculas

Os resultados das análises térmicas diferencial (DTA) e gravimétrica (TG) são apresentados graficamente na Figura 2, onde pode ser observado que as três féculas apresentaram o mesmo padrão térmico. Nas curvas TG foram detectados três eventos principais de perda de massa; o primeiro referente a um processo de desidratação e os demais a processos de decomposição, com base nas energias envolvidas. O primeiro evento, que ocorreu entre 43,0 e 106,7°C e provocou uma perda de massa de 11,4 a 13,7%, é atribuído à perda de umidade das féculas, representada por um pico endotérmico característico de desidratação, nas curvas DTA.

De acordo com as curvas TG, entre 106,7 e 302,0°C não ocorreu nenhuma perda de massa (TG) ou evento térmico (DTA), quando iniciou o segundo evento, que se estendeu até 336,5°C e provocou perda de massa das féculas de 72,2 a 75,1%. Sequeencialmente iniciou o terceiro evento que se estendeu até 526,8°C, mas apesar de ter ocorrido em uma faixa mais ampla de temperatura, só provocou perda de massa de 4,0 a 8,2% das féculas. Esses eventos são atribuídos à decomposição térmica da amilose e da amilopectina das féculas, confirmada pelos picos exotérmicos observados nas curvas DTA. A quebra de algumas ligações, particularmente na amilopectina, contribui para a desintegração dos grânulos em altas temperaturas, e o tratamento térmico do ami-

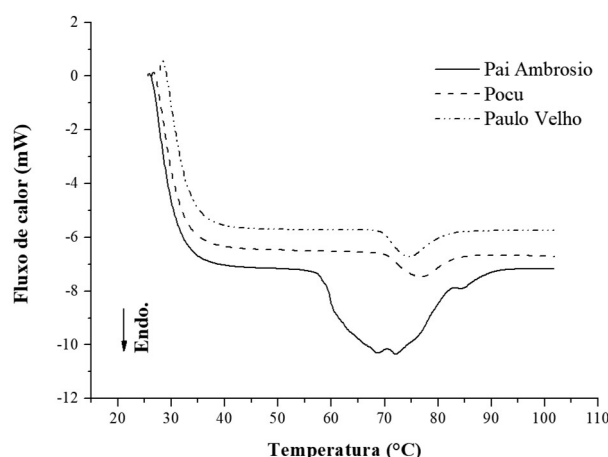
do normalmente leva a sua despolimerização, quando a temperatura aplicada excede 300°C, o que confirma o comportamento observado.

Figura 2 - Curvas de TG e DTA para a fécula de mandioca variedade: (A) Pai Ambrósio, (B) Pocu e (C) Paulo Velho



Os termogramas de gelatinização dos amidos extraídos das três variedades de mandioca, obtidos pela calorimetria diferencial de varredura (DSC), são apresentados na Figura 3. A temperatura de início de gelatinização (T_o) variou de 60,5 a 68,3°C, para os amidos das variedades Pai Ambrósio e Paulo Velho, respectivamente, porém as temperaturas de pico ($T_p = 74,4 \pm 0,6^\circ\text{C}$) e final de gelatinização ($T_f = 84,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$) dos amidos não apresentaram diferença significativa ($p \geq 0,05$). Abera e Rakshit (2003) encontram valores médios de T_o (65,5°C), T_p (70,4°C) e T_f (82,0°C), para amidos extraídos de três acessos de mandioca.

Figura 3 - Termogramas DSC de gelatinização dos amidos das féculas de mandioca variedade Pai Ambrósio, Pocu e Paulo Velho.



As entalpias de gelatinização (ΔH_{gel}) dos amidos das féculas extraídas das mandiocas Pocu, Paulo Velho e Pai Ambrósio foram de 2,0; 3,1 e 5,9 J g⁻¹, respectivamente. Esses valores foram inferiores ao observado por Nwokocha et al. (2009) (14,3 J g⁻¹), para amidos nativos de mandioca. A maior ΔH_{gel} observada na gelatinização do amido da variedade Pai Ambrósio, sugere a presença de cadeias de amilopectina mais complexas na composição desse amido, o que favoreceu maior resistência à gelatinização, pois, quanto maior o comprimento das cadeias externas de amilopectina, maior o valor da entalpia de fusão do amido.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As raízes das três variedades de mandioca produzidas no Estado do Pará estudadas, não apresentaram um padrão de tamanho e de forma, nem mesmo para uma variedade. As variedades de mandioca Paulo Velho e Pocu apresentam potencialidade para uso industrial, em função dos expressivos rendimentos em polpa e em fécula.

As féculas das três variedades de mandioca são classificadas como “tipo 1”, pela legislação brasileira, mas a Pai Ambrósio e a Pocu fornecem féculas com maior pureza em amido.

Os amidos das três féculas apresentam o mesmo padrão morfológico e de decomposição térmica, além de gelatinizarem na mesma faixa de temperatura.

Em função da grande diferenciação entre as variedades de mandioca, recomenda-se a continuação das pesquisas para a obtenção de mais resultados satisfatórios sobre cada variedade, possibilitando uma maior abrangência sobre o conhecimento da fécula de mandioca de diferentes variedades.

REFERÊNCIAS

- AACC (American Association of Cereal Chemists). **Approved Methods of the AACC**, 9 ed. St. Paul, 1995. 1200p.
- ABERA, S.; RAKSHIT, S. K. Comparison of physicochemical and functional properties of cassava starch extracted from fresh root and dry chips. **Starch-Stärke**, Glasgow, v.55, n.7, p.287-296, 2003.
- ADETAN, D. A.; ADEKOYA, L. O.; ALUKO, O. B. Characterisation of some properties of cassava root tubers. **Journal of Food Engineering**, Davis, v.59, n.4, p.349-353, 2003.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). **Official methods of analysis of the AOAC international**. 16.ed. 3. Rev. Washington, 1997. 1141p.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n.360, de 23 de dezembro de 2003. Regulamento Técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados. Brasília, dez. 2003. Seção 1, p.4.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.23, de 14 de dezembro de 2005. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade dos Produtos Amiláceos derivados da raiz da mandioca. Brasília, dez. 2005. Seção 1, p.5.
- CEREDA, M. P.; DAIUTO, E. R.; VILPOUX, O. F. Metodologia de determinação de amido por digestão ácida em microondas. **Revista da Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca**, Paranaíba, v.2, p.29, 2004.
- CHARLES, A. L.; HUANG, T. C.; LAI, P. Y.; CHEN, C. C.; LEE, P. P.; CHANG, Y. H. Study of wheat flour-cassava starch composite mix and the function of cassava mucilage in chinese noodles. **Food Hydrocolloids**, Ucrânia, v.21, n.3, p.368-378, 2007.
- CHISTÉ, R. C.; COHEN, K. O.; MATHIAS, E. A.; RAMOA JÚNIOR, A. G. A. Estudo das propriedades físico-químicas e microbiológicas no processamento da farinha de mandioca do grupo d'água. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.27, n.2, p.265-269, 2007.
- COELHO, J. D. **Produção de mandioca: raiz, farinha e fécula**. 2018.
- DA SILVA PEIXOTO, T.; RESCH, S. Resíduos de mandioca: um estudo sobre a destinação da massa de mandioca pelas fecularias brasileiras. **Encontro Internacional de Gestão, Desenvolvimento e Inovação (EIGEDIN)**, v. 2, n. 1, 2018.
- EMBRAPA. **Mandioca: o pão do Brasil**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2005. 530p.
- EMBRAPA. **Relatório de Avaliação de Impactos da Tecnologia Trio da Produtividade na Cultura da Mandioca**. 2012 b.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Save and Grow: Cassava: **A guide to sustainable production intensification**. Rome: FAO, 2013.
- FERNANDES, D. S. **Produção de amido fosfatado nativo de mandioca: influência do estágio de desenvolvimento da planta e adubação fosfatada**. 2019.

FIORDA, F. A.; SOARES JÚNIOR, M. S.; SILVA, F. A. da; SOUTO, L. R. F.; GROSS-MANN, M. V. E. Farinha de bagaço de mandioca: aproveitamento de subproduto e comparação com fécula de mandioca. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 4, p. 408-416, 2013.

GARCIA, V.; COLONNA, P.; LOURDIN, D.; BULEON, A.; BIZOT, H.; OLLIVON, M. Thermal transitions of cassava starch at intermediate water contents. **Journal of Thermal Analysis**, Budapest, v.47, n.5, p.1213-1228, 1996.

GOMES, C. N. CARVALHO, S. P. de; JESUS, A. M. S.; CUSTÓDIO, T. N. Caracterização morfoagronômica e coeficientes de trilha de caracteres componentes da produção em mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Distrito Federal, v.42, n.8, p.1121-1130, 2007.

JAY, M. J. **Microbiologia de alimentos**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 711p.

LUVIELMO, M. M.; LAMAS, S. V. Revestimentos comestíveis em frutas. **Periódico Estudos Tecnológicos em Engenharia**, vol. 8, n. 1, p. 8-15, 2012.

LEONEL, M. Análise da forma e tamanho de grânulos de amidos de diferentes fontes botânicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.3, p.579-588, 2007.

LOBO, I. D.; DOS SANTOS JÚNIOR, C. F.; NUNES, A. Importância socioeconômica da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) para a comunidade de Jaçapetuba, município de Cametá/PA. **Multitemas**, p. 195-211, 2018.

NUNES, L. B.; SANTOS, W. J.; CRUZ, R. S. Rendimento de extração e caracterização química e funcional de féculas de mandioca da região do semi-árido baiano. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.20, n.1, p.129-134, 2009.

NWOKOCHA, L. M.; AVIARA, N. A.; SENAN, C.; WILLIAMS, P. A. A comparative study of some properties of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and cocoyam (*Colocasia esculenta*, Linn) starches. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v.76, n.3, p.362-367, 2009.

RATNAYAKE, W. S.; JACKSON, D. S. A new insight into the gelatinization process of native starches. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v.67, n.4, p.511-529, 2007.

SILVA, P. A.; CUNHA, R. L.; LOPES, A. S.; PENA, R. S. Caracterização de farinhas de tapioca produzidas no estado do Pará. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n.1, p.185-191, 2013.

SOUZA, F. V. A.; RIBEIRO, S. C. A.; SILVA, F. L. da; TEODOSIO, A. M. Resíduos da mandioca em agroindústrias familiares no Nordeste do Pará. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 1, p. 92-98, 2019.

VASCONCELOS, J. M. S. de. Eficiência da utilização da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) E seus subprodutos na alimentação de não ruminantes. **Trabalho de Conclusão de Curso**. Rio Largo, 2018.

CAPÍTULO 4

BIOMETRIA DE GRÃOS DE FEIJÃO CAUPI PRODUZIDO POR PEQUENOS PRODUTORES

BIOMETRY OF COWPEA BEAN GRAINS PRODUCED BY SMALL PRODUCERS

Regiane da Conceição Vieira¹
Henrique da Silva Barata²
Igor Vinicius de Oliveira³
Wilton Pires da Cruz⁴
José Nilton da Silva⁵
Claudete Rosa da Silva⁶
Priscilla Andrade Silva⁷

DOI: 10.46898/rfbe.9786558890225.4

1 Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0001-9752-6196>. regiane.vieira.c11@gmail.com
2 Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0001-6356-4629>. henriquebarata2000@gmail.com
3 Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará. <http://orcid.org/0000-0003-4218-5587>. igor.oliveira@unifesspa.edu.br
4 Universidade Federal Rural da Amazônia. <http://orcid.org/0000-0001-7962-9108>. wilton@mail.uft.edu.br
5 Universidade Federal Rural da Amazônia. <http://orcid.org/0000-0003-0298-9126>. jose.nilton@ufra.edu.br
6 Universidade Federal Rural da Amazônia. <http://orcid.org/0000-0001-5063-8932>. claudete.silva@ufra.edu.br
7 Universidade Federal Rural da Amazônia. <http://orcid.org/0000-0002-2774-3192>. prisciandra@yahoo.com.br

RESUMO

O feijão caupi é uma leguminosa cultivada em todas as regiões do Brasil e uma das culturas que mais contribuem para a renda e alimentação da população brasileira. Deste modo, o objetivo foi analisar as características físicas do feijão caupi produzidos pelos agricultores familiares de Parauapebas, Sudeste do Pará. Os grãos utilizados para a análise física foram tipo comerciais e adquiridos na Feira de Abastecimento de Parauapebas-PA, a caracterização ocorreu no Laboratório de Análises de Alimentos da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), campus Parauapebas. Com o auxílio de um paquímetro foram medidos a altura, o diâmetro longitudinal externo e o diâmetro transversal externo, para a massa dos grãos utilizou-se uma balança semi analítica. Dentre as variáveis analisadas, a massa de grãos obteve valor intermediário e as médias para altura, diâmetro longitudinal externo e diâmetro transversal externo corresponderam com as averiguadas na literatura. Conhecer as propriedades físicas das culturas é importante, pois através delas sabe-se do desenvolvimento das plantas, o que favorece a comercialização por parte dos produtores da agricultura familiar.

Palavras-chave: Leguminosa. Caracterização. Agricultura familiar.

ABSTRACT

Cowpea beans are a legume grown in all regions of Brazil and one of the crops that most contribute to the income and food of the Brazilian population. In this way, the objective was to analyze the physical characteristics of cowpea beans produced by family farmers in Parauapebas, Southeast Pará. The grains used for physical analysis were commercial type and acquired at the Parauapebas Supply Fair - PA, the characterization occurred at the Laboratory of Food Analysis of the Federal Rural University of the Amazon (UFRA), campus Parauapebas. With the aid of a caliper, height, external longitudinal diameter and external transverse diameter were measured. A semi-analytical balance was used for the grain mass. Among the variables analyzed, the grain mass obtained an intermediate value and the averages for height, external longitudinal diameter and external transversal diameter corresponded to those found in the literature. Knowing the physical properties of crops is important, because through them it is known about the development of plants, which favors commercialization by producers of family farming.

Keywords: Leguminous. Description. Family farming.

1 INTRODUÇÃO

O feijão caupi (*Vigna unguiculata* L.) conhecido em diversas regiões como feijão manteiguinha, feijão de corda e feijão da colônia é uma cultura de origem Africana e que foi introduzida no Brasil através dos portugueses. O primeiro estado a ser inserida a cultura foi no estado da Bahia e logo depois houve a disseminação para outros lugares do Brasil (FREIRE FILHO, 2011).

Em âmbito nacional, a cultura do feijão caupi é cultivada em todas as regiões do Brasil. No entanto, sua maior produção está concentrada nas regiões Norte, Nordeste e Centro Oeste, isso porque o feijão mais consumido em todas as regiões é o feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) devido ser cultivado em todas as regiões. O feijão caupi por possuir déficit de oferta de mercado, acaba sendo consumido e comercializado em maior quantidade nas regiões que possuem grandes cultivos dessa cultura (FREIRE FILHO et al, 2011).

Na região Norte e Nordeste o cultivo desta leguminosa é amplamente feito em sistemas agrícolas familiares, pois além de possuir grande importância econômica e social, o feijão caupi é uma das culturas alimentares que mais compõem a alimentação básica das populações mais carentes dessas regiões, devido principalmente, ao seu grande teor nutricional, energético e proteico (SILVA et al, 2020). No Estado do Pará, a renda da agricultura familiar em sua maioria está inserida no cultivo de variedades tradicionais do feijão caupi, o qual possibilita obter seu próprio alimento, fazer comercialização regional e melhorar a qualidade de vida (RIBEIRO et al, 2015).

Considerando que o Estado do Pará possui grande potencial para o cultivo do feijão caupi e mercado regional para comercialização e consumo, o objetivo do estudo foi analisar as características físicas do feijão caupi produzidos pelos agricultores familiares de Parauapebas, Sudeste do Pará.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Historicamente, o feijão caupi (*V. unguiculata* L.) é uma cultura de origem africana e foi inserido no Brasil durante o século XVI através dos colonizadores portugueses, sendo a Bahia o primeiro estado a cultivar esta cultura e logo após disseminou-se para outros estados do país (FREIRE FILHO, 2011).

Inicialmente o caupi foi classificado como sendo do gênero *Phaseolus* e *Dolichos*, até se chegar à classificação atual do gênero *Vigna*. O feijão caupi é uma dicotiledônea pertencente a ordem Fabales, da família Fabaceae (FREIRE FILHO, 2011).

A espécie *V. unguiculata* L. recebe vários nomes vulgares no Brasil. Dependendo da região em que se cultiva essa leguminosa, o feijão caupi como é oficialmente chamado, pode possuir diferentes nomes como, feijão massar (nome de predominância antiga e que provavelmente ainda se usa na região Nordeste), feijão-de-corda, feijão manteiguinha (nomes vulgares usados com frequência na região Norte) entre outros que são restritamente usados em cada região e município (FREIRE FILHO, 1983).

No Brasil, a importância do feijão caupi está principalmente na fonte alimentar, visto que compõe grande parte das refeições da população brasileira oferecendo grande teor nutricional, energético e proteico. Além de contribuir como alimento básico na dieta diária dos brasileiros o cultivo do caupi gera emprego e renda tanto para empresários quanto para pequenos produtores da agricultura familiar que vivem desse cultivo para sua subsistência (MATIAS, 2018).

3 METODOLOGIA

Os grãos de feijão caupi marrom tipo comercial foram adquiridos na Feira do Centro de Abastecimento de Parauapebas, Pará. Os mesmos foram analisados no Laboratório de Análises de Alimentos da Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus de Parauapebas, Pará, localizado nas coordenadas geodésicas 49°51'19" W latitude, 06°12'58" S longitude, com altitude de 197 m com auxílio do GPS portátil (Modelo eTrex 10, Marca Garmin).

Para a caracterização física, foram realizadas as seguintes medições em 100 unidades de grãos de feijão ($n = 100$): altura, diâmetro longitudinal externo e diâmetro transversal externo, obtidas com auxílio de um paquímetro analítico metálico 300 mm com precisão de 0,01 mm e os resultados foram expressos em centímetro (cm). Para a determinação da massa dos feijões foi utilizada uma balança semi analítica (Modelo ARD110, Marca OHAUS Adventurer) em 100 unidades de grãos e os resultados foram expressos em gramas (g).

Os resultados das análises físicas dos grãos de feijão caupi (altura, diâmetro longitudinal externo, diâmetro transversal externo e massa) foram analisados por estatística descritiva utilizando-se medidas de tendência central (média) e de variabilidade de dados (desvio-padrão).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A determinação das propriedades físicas de grãos possui grande importância nas etapas de beneficiamento, como o dimensionamento de equipamentos e sistemas para colheita, manuseio, transporte, secagem e armazenamento (DI LANARO et al., 2011). Os dados de altura dos grãos (0,83 cm) observados na Tabela 1, encontram-se

próximos da média observada em trabalho realizado por Do Nascimento et al. (2012) com sementes de feijão caupi, onde a característica altura de sementes apresentou-se com variações que foram de 0,57 a 1,13 cm, com média de 0,76 cm.

Tabela 1 - Caracterização física dos grãos de feijão caupi.

Determinações Físicas	Grãos
Altura (cm)	0,83 ± 0,07
Diâmetro longitudinal externo (cm)	0,67 ± 0,05
Diâmetro transversal externo (cm)	0,52 ± 0,05
Massa de 100 grãos (g)	19,28 ± 2,08

Fonte: Dados da pesquisa (2021).

Da Silveira et al. (2019), caracterizando grãos de feijões-fava rajada (*Phaseolus lunatus* L.), encontrou diferentes alturas de grãos, variando de 2,13 a 2,66 cm. Ressalta-se a diferença da variedade de feijão em relação à altura dos grãos. Estes valores indicam a existência de variabilidade genética entre indivíduos de uma mesma subclasse e para indivíduos de outras variedades para os caracteres avaliados nos demais trabalhos.

Quanto a massa de 100 grãos, Segundo Hernshaw (2008), os grãos podem ser classificados como: pequenos (< 15g/100 grãos), médios (15,1 – 20 g/100 grãos), grandes (20,1– 25 g/100 grãos) e muito grandes (> 25,1 g/100 grãos). O valor médio da massa de 100 grãos (g) obtido na referida propriedade rural em Parauapebas, PA foi de 19,28 g. Este valor encontra-se abaixo dos padrões de preferência, tanto dos produtores quanto dos compradores e empacotadores, que preferem grãos com peso superior a 20 g por 100 grãos (FREIRE FILHO et al., 2011).

Do Nascimento et al. (2012), em seu trabalho caracterizaram morfologicamente 15 variedades de sementes de feijão caupi (*V. unculata* L.), estas foram adquiridas através de agricultores familiares no estado do Acre. Avaliando a massa de 100 grãos, os autores identificaram uma grande variação de massa, partindo de 6,96 g, menor valor encontrado, até o maior valor de 33,75 g. Silva et al, (2010), avaliando a constituição físico-química de feijão comum (*P. vulgaris* L.) o peso de 100 sementes, nas três variedades avaliadas, variou de 21,6 g a 59,7 g.

Segundo Silveira (2005), o crescimento, o incremento da biomassa, a produtividade e o estado nutricional do feijoeiro são afetados por um grande número de fatores, destacando-se as adubações realizadas. Públio et al. (2017), afirmam que existe ampla variabilidade genética para todas as características de produção entre genótipos de feijão caupi.

Para os valores de diâmetro longitudinal externo (0,67 cm) e transversal externo (0,52 cm) apresentados neste estudo, encontram-se próximos aos encontrados por Araújo Neto et al. (2014), que verificaram valores de 0,67; 0,71; 0,75 e 0,79 cm, utilizando peneiras de número 17, 18, 19 e 20, respectivamente, para diâmetro de grãos de feijão caupi da cultivar Novaera.

Caracterizando sementes crioulas de feijoeiro comum, Borges et al. (2012), visualizaram a variação do diâmetro longitudinal externo partido de 0,57 a 0,78 cm, e diâmetro transversal externo 0,44 a 0,62 cm. Sasso (2016), caracterizando genótipos de feijão por meio de análises de colorimetria, biometria e espectroscopia no infravermelho, para as mesmas variáveis observou os valores de 0,64 a 0,88 cm para o diâmetro longitudinal e 0,48 a 0,74 cm para o diâmetro transversal. Sendo os valores coerentes com ambos autores.

Através dos valores de desvio padrão, verifica-se que os grãos de feijão apresentam pequenas desuniformidades em suas dimensões características, observando-se para a variável massa de 100 grãos (g) o valor de 2,08. Esse comportamento é observado por diversos autores, onde a maioria dos produtos biológicos avaliados, durante a secagem, contraem-se, irregularmente, em diversas direções, elevando o valor de desvio padrão, que quanto mais próximo de zero maior uniformidade representa ao conjunto de dados (FORTES e OKOS, 1980; KALEEMULLAH e GUNASEKAR, 2002; CORRÊA et al., 2002).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As características físicas para as variáveis analisadas estão de acordo com a literatura encontrada em outros estudos. Entretanto, para as características físicas da massa de grãos, que foram intermediários em comparação aos de sua mesma variedade, são consideradas abaixo do padrão de preferência exigida pelo mercado que prefere grãos maiores. Deste modo, se faz importante realizar a orientação técnica aos produtores da agricultura familiar para se elevar a produção do feijão caupi, pois esta cultura ainda requer cuidados quanto a qualidade na produção e no processamento dos grãos para que possa competir tanto no mercado regional quanto nacional.

REFERÊNCIAS

ARAUJO NETO, A. C.; NUNES, E. T. C.; ROCJA, P. A.; AVILA, J. S.; MORAIS, O. M. Germinação e vigor de sementes de feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) de diferentes tamanhos. **Revista Verde**, v. 9, n. 2, p. 71-75, 2014.

BORGES, V.; SIVIERO, A.; NASCIMENTO, F. S. S. do.; PEREIRA, A. A. A.; MARINHO, J. T. de S. **Características biométricas de sementes crioulas de feijoeiro comum do Acre**. In: Embrapa Acre-Resumo em anais de congresso (ALICE). In: Congresso

Brasileiro de Recursos Genéticos, 2., 2012, Belém, PA. Anais... Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Recursos Genéticos, 2012. 1 CD-ROM., 2012.

CORRÊA, P. C.; AFONSO JÚNIOR, P. C.; QUEIROZ, D. M.; SAMPAIO, C. P.; CARDOSO, J. B. Variação das dimensões características e da forma dos frutos de café durante o processo de secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 3, p. 466-470, 2002.

DA SILVEIRA, D. C.; LEITE, A. C. N.; SANTOS, N. C.; GOMES, J. P. Características físicas de grãos de feijão-fava rajada, *Phaseolus lunatus* L. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 4, p. 518-523, 2019.

DI LANARO, N.; BRAJAY, L. G.; QUEIROZ, V. M. P.; PINTO, R. C. S.; LEITÃO, I. G. A.; LESSIO, B. C.; AUGUSTO, P. E. D. Determinação de propriedades físicas do feijão fradinho. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 13, n. 1, p. 27-35, 2011.

DO NASCIMENTO, F. S. S.; SIVIERO, A.; MARINHO, J. D. S.; PEREIRA, A.; MATTAR, E.; OLIVEIRA, E. D. **Caracterização de sementes de variedades locais de feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*) do Acre**. In: Embrapa Acre-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE RECURSOS GENÉTICOS, 2., 2012, Belém, PA. Anais... Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Recursos Genéticos, 2012.

FORTES, M.; OKOS, M. R. **Changes physical properties of corn during drying**. Transaction of ASAE, St. Joseph, v. 23, n. 4, p. 1004-1008, 1980.

FREIRE FILHO, F. R.; CARDOSO, M. J.; ARAUJO, A. G. Caupi: nomenclatura científica e nomes vulgares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 18, n. 12, p. 1369-1372, 1983.

FREIRE FILHO, F. R.; VILARINO, A. A.; CRAVO, M. S.; CAVALCANTE, E. S. **Panorama da cultura do feijão caupi no Brasil**. In: WORKSHOP SOBRE A CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI, 2007, Boa Vista, RR. Anais... Boa Vista, RR: Embrapa Roraima, 2007.

FREIRE FILHO, F. R. Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios. **Embrapa Meio-Norte-Livro científico (ALICE)**, 2011.

HENSHAW, F. O. Varietal differences in physical characteristics and proximate composition of cowpea (*Vigna unguiculata*). **World Journal of Agricultural Sciences**, Deira, v. 4, n. 3, p. 302-306, 2008.

JÚNIOR, E. P.; MORAIS, O. M.; ROCHA, M. M.; PÚBLIO, A. P. P. B.; BANDEIRA, A. S. Características agrônômicas de genótipos de feijão-caupi cultivados no sudoeste da Bahia. **Científica**, v. 45, n. 3, p. 223-230, 2017.

KALEEMULLAH, S.; GUNASEKAR, J. J. Moisture-dependent physical properties of arecanut kernels. **Biosystems Engineering**, London, v.82, n.3, p. 331-338, 2002.

MATIAS, T. M. L. C. **Extratos de folhas de caimbé (*Curatella americana* L.) na produção e qualidade do feijão-caupi**. Orientadora: José Maria Arcanjo Alves. 2018. 44 f. TCC (Graduação)- Curso de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Roraima, Boa Vista, 2018. Disponível em: < file:///C:/Users/Fam%C3%A9lia/Downloads/EXTRATOS%20DE%20FOLHAS%20DE%20CAIMB%20Curate-

Ila%20americana%20L.%20NA%20PRODUO%20E%20QUALIDADE%20DO%20FEIJO-CAUPI.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2021.

NASCIMENTO, J.; FAUSTINO, M. N.; MENESES, J. A.G.; SILVA, S. S., CARVALHO, C. M. **Crescimento inicial do feijão-de-corda preto sob diferentes condições de sombreamento e adubação nitrogenada**. In: INOVAGRI INTERNATIONAL MEETING, 1., 2012, Fortaleza, CE. Anais... Fortaleza: Instituto de Pesquisa e Inovação em Agricultura Irrigada, 2012.

RIBEIRO, C. D. M.; RODRIGUES, E. P.; SALVIANO, J. N.; LIMA, I. B.; RODRIGUES, D. de M. **Produtividade de cultivares tradicionais de feijão caupi no Sudeste Paraense**. In: Congresso Brasileiro de Agroecologia, 9, 2015. Cadernos de agroecologia. v. 10, n. 3, 2015.

SASSO, A. **Caracterização de genótipos de feijão por meio de análises de colorimetria, biometria e espectroscopia no infravermelho FTIR**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SILVA, A. G.; ROCHA, L. C.; BRAZACA, S. G. C. Caracterização físico-química, digestibilidade protéica e atividade antioxidante de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) Physico-chemical characterization, protein digestibility and antioxidant activity of commun bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 4, p. 591-598, 2010.

SILVA, F. M.; HUNGRIA, L. C.; SACRAMENTO, P. P.; EL-HUSNY, J. C.; BORGES, L. S. Desempenho de feijão caupi influenciado por populações e espaçamentos distintos no Sudeste do Pará. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 2, p. 110-117, 2020.

SILVEIRA, L. S. **Teores foliares de macro e micronutrientes no feijoeiro cv. BRS-MG Talismã em função da aplicação foliar de silício inverno**. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISAS SOBRE FEIJÃO, 8, Santo Antônio de Goiás. Anais eletrônicos. Santo Antônio de Goiás: Embrapa-CNPAP, 2005.

CAPÍTULO 5

CARACTERÍSTICAS E POTENCIALIDADES DO FRUTO BURITI (*MAURITIA FLEXUOSA* L.)

CHARACTERISTICS AND POTENTIALS OF FRUIT BURITI (*MAURITIA FLEXUOSA* L.)

*Wellington dos Santos Melo*¹

*Priscilla Andrade Silva*²

*Regiane da Conceição Vieira*³

*Wilton Pires da Cruz*⁴

*Marcos Antônio Souza dos Santos*⁵

*Rosinelson da Silva Pena*⁶

*Luiza Helena Meller da Silva*⁷

DOI: 10.46898/rfbe.9786558890225.5

¹ Instituto Federal do Pará. <https://orcid.org/0000-0001-6753-3598>. wsm_eng@yahoo.com.br

² Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0002-2774-3192>. prisciandra@yahoo.com.br

³ Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0001-9752-6196>. regiane.vieira.c11@gmail.com

⁴ Universidade Federal Rural da Amazônia. <http://orcid.org/0000-0001-7962-9108>. wilton@mail.uft.edu.br

⁵ Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0003-1028-1515>. marcos.santos@ufra.edu.br

⁶ Universidade Federal do Pará. <http://orcid.org/0000-0002-3900-205X>. rspena@ufpa.br

⁷ Universidade Federal do Pará. <https://orcid.org/0000-0002-6002-9425>. lhnmeller@bol.com.br

RESUMO

A pesar da situação privilegiada da Amazônia em relação à sua biodiversidade, os recursos florestais existentes na região, geralmente são comercializados como matéria-prima *in natura*, sem nenhum ou pouco processo de beneficiamento. A diversidade biológica e ecológica da região constitui um diferencial que, nos últimos anos, tem atraído atenção, principalmente do setor agroindustrial para a utilização de espécies nativas e seus produtos nas indústrias de alimentos, farmacêutica e cosmética. Os frutos das palmeiras da região amazônica são fontes alternativas e abundantes de óleo vegetal com alto valor nutricional. Atualmente, somente algumas dessas palmeiras estão sendo cultivadas e exploradas, e o processamento de seus frutos é ainda realizado em pequena escala comercial, dentre essas palmeiras destaca-se o buriti, uma espécie que habita solos ácidos e pouco férteis, encontrando-se distribuída no Brasil, com destaque para o Estado do Pará. Assim, com a presente revisão objetivou-se fazer um apanhado sobre os aspectos relevantes do buriti, sua descrição botânica e o potencial tecnológico de seus frutos.

Palavras-chave: Diversidade. Palmeiras. Óleo vegetal.

ABSTRACT

Despite the privileged situation of the Amazon in relation to its biodiversity, the forest resources existing in the region, are generally commercialized as raw material *in natura*, with no or little processing process. The biological and ecological diversity of the region is a differential that, in recent years, has attracted attention, mainly from the agro-industrial sector for the use of native species and their products in the food, pharmaceutical and cosmetic industries. The palm fruits of the Amazon region are alternative and abundant sources of vegetable oil with high nutritional value. Currently, only a few of these palms are being cultivated and explored, and the processing of their fruits is still carried out on a small commercial scale, among these palm trees stands out the buriti, a species that inhabits acidic and poorly fertile soils, being distributed in the Brazil, with emphasis on the State of Pará. Thus, the aim of this review was to provide an overview of the relevant aspects of buriti, its botanical description and the technological potential of its fruits.

Keywords: Diversity. Palm trees. Vegetable oil.

1 INTRODUÇÃO

Os frutos das palmeiras da região amazônica são fontes alternativas e abundantes de óleo vegetal com alto valor nutricional. Atualmente, somente algumas dessas palmeiras estão sendo cultivadas e exploradas, e o processamento de seus frutos é

ainda realizado em pequena escala comercial. Dentre essas palmeiras destaca-se o buriti, uma espécie que habita solos ácidos e pouco férteis, encontrando-se distribuída no Brasil, Peru, Venezuela, Equador, Bolívia e Colômbia (MOURA FILHO, 2017). No Brasil, não é comum a utilização dos frutos do buriti, sendo consumido somente pela população local de algumas partes das regiões Norte e Nordeste, principalmente como suco fresco e doce caseiro.

O óleo extraído dos frutos do buriti é de grande interesse por suas características físicas e químicas (OLIVEIRA et al., 2020). Estudos realizados por Menezes (2019), indicaram que o óleo de buriti apresenta altas concentrações de carotenos, tocoferóis e dos ácidos graxos: oléico e palmítico. O expressivo crescimento nos últimos anos da industrialização dos frutos de buriti para a obtenção do óleo contribui para a geração de grande quantidade de resíduos: casca, amêndoas e fibras.

O Brasil parece ser um dos países latinos mais férteis para o cultivo do desperdício, pois recursos naturais, financeiros, oportunidades e até alimentos são literalmente atirados na lata do lixo, sem possibilidade de retorno. Como sintoma de desorganização e desestruturação, o desperdício está incorporado à cultura brasileira, ao sistema de produção e à engenharia do país, provocando perdas irre recuperáveis na economia, contribuindo para o desequilíbrio do abastecimento e diminuindo a disponibilidade de recursos para a população (RESENDE, 2016).

As indústrias alimentícias brasileiras produzem resíduos que poderiam ter uma finalidade muito mais útil ao homem e ao meio ambiente (JORGE, 2018). Os resíduos de frutas e hortaliças desprezados pela indústria, geralmente são utilizados na elaboração de ração animal ou de fertilizantes, quando poderiam ser aplicados como fontes alternativas de nutrientes em alimentos com baixo custo.

O aproveitamento de resíduos de frutas como matéria-prima para a produção de alguns alimentos já vem sendo estudado como alternativa desde o início da década de 1970 (RESENDE, 2016).

Existe, portanto, a necessidade de estudar novas alternativas para o aproveitamento de resíduos, que somente será possível através do desenvolvimento de pesquisas, para caracterizar e identificar o potencial dos mesmos. No caso do buriti, a parte fibrosa e a coloração acentuada da casca, resíduos oriundos do processamento indicam a necessidade de levantamento do conteúdo de fibras alimentares totais e de seus pigmentos naturais para avaliação das possíveis aplicações nas indústrias alimentícia e farmacêutica.

Diante as raras informações relacionadas ao fruto buriti e seus resíduos, e da necessidade de apresentar alternativas de uso comercial, o presente estudo teve como objetivo contribuir para a formação de um banco de dados de composição de alimentos que permita um melhor conhecimento científico deste fruto genuinamente amazônico.

2 ASPECTOS RELEVANTES SOBRE O BURITI

O Buriti (*Mauritia flexuosa* L.) é uma palmeira da família *Palmae* (ou *Arecaceae*) e subfamília *lepidocarycideae*, cujo nome foi dedicado a Maurício de Nassau, rei dos países baixos (1567-1623). Sua distribuição geográfica abrange toda a Amazônia e norte da América do Sul e estende-se ao nordeste e centro-sul do Brasil (FILHO; LIMA, 2001).

O buriti é a segunda palmeira americana em termos de área coberta, sendo superado apenas pelo babaçu (*Orbignya martiana*) (FILHO; LIMA, 2001). A palmeira do buriti ocorre exclusivamente em áreas alagadas ou brejosas, como em beira de rios, igapós, lagos e igarapés, onde comumente é encontrada em grandes concentrações na forma de populações homogêneas, formando os chamados “buritizais”. Geralmente, partes do tronco ficam submersas na água por longos períodos, sem que isso lhe cause danos, por isso, conclui-se que a água concorra para a maior dispersão dos frutos (CAVALCANTE, 1996). A grande capacidade de adaptação do buriti às áreas inundadas está associada à alta porosidade dos tecidos das raízes. Na terra firme vegeta nas áreas descampadas, em pequenos grupos ou dispersos (CALBO et al., 1998). A Figura 1 apresenta o *habitat* natural das palmeiras de buriti.

Figura 1 - Habitat natural das palmeiras de buriti.



Fonte: Os autores

Mesmo plantas que vivem em comunidades muito úmidas, como por exemplo, florestas pluviais tropicais de locais baixos, podem experimentar estresses hídricos ao

longo do dia e em anos mais secos serem submetidas a déficit de água severo. Portanto, embora o *habitat* preferido do buriti seja a várzea, devido a sua ampla dispersão, estudos realizados por Calbo e Moraes (1997) comprovaram que esta espécie pode ser submetida a períodos de aclimação, pois possui mecanismos para tolerar uma seca moderada.

Na Amazônia a palmeira recebe várias denominações, no entanto os nomes mais usuais são: Buriti e Miriti, designações originárias do tupi que significam “árvore que emite líquido”. Em alguns países da bacia amazônica incluem-se ainda denominações como “Aguaje” ou “Achual” (Peru), “Moriche” (Venezuela) e “Bache” (Guiana Francesa) (CAVALCANTE, 1996; FILHO; LIMA, 2001).

Na literatura existe divergência quanto ao nome científico do fruto, duas nomenclaturas são utilizadas: *Mauritia flexuosa* e *Mauritia vinifera*. Segundo BOHÓRQUEZ (1972) a espécie *Mauritia flexuosa* se confunde com a *Mauritia vinifera*, com a qual convive muitas vezes e da qual se distinguem facilmente por apresentar, a primeira, frutos de coloração amarelo-alaranjado quando imaturos, transformando-se para vermelho-escuro com o processo de maturação. Enquanto que a *Mauritia vinifera* apresenta frutos um pouco maiores e quando imaturos são de cor verde, já quando maduros apresentam coloração amarelada. Ao contrário da *M. flexuosa*, a *M. vinifera* vive só ou formando pequenos grupos e é muito mais alta, podendo alcançar 50 m de altura. Recentemente verificou-se que a *M. vinifera* é apenas uma variedade ecológica da *M. flexuosa*, sendo encontrada no Brasil nas regiões nordeste e Centro-sul (FILHO; LIMA, 2001).

O buritizeiro floresce durante quase o ano inteiro, porém com maior intensidade nos meses de dezembro a abril. A maturação dos frutos verifica-se principalmente nos meses de dezembro a junho (FILHO; LIMA, 2001).

3 DESCRIÇÃO BOTÂNICA

O buritizeiro é uma palmeira robusta, uma das maiores da região amazônica, de tronco ereto e cilíndrico de 30 a 60 cm de diâmetro, algumas vezes com um leve engrossamento na região média, alcançando geralmente 20 a 25 m de altura, podendo chegar até os 35 e ocasionalmente a 50 m nos indivíduos decrépitos, oportunidade em que os estipes parecem mais finos. Quando adulta possui 20 a 30 folhas palmadas eretas, dispostas quase sempre em leque (CALBO, 1997; CAVALCANTE, 1996).

Não existe consenso na literatura com relação ao sistema reprodutivo da *Mauritia flexuosa*, muitos autores relatam que existem plantas com flores masculinas e com flores femininas; outros indicam que há plantas com flores masculinas, plantas com flores

femininas e hermafroditas (BOHÓRQUEZ, 1972; CALZADA BENZA, 1980; MAURITIA, 1983; URREGO, 1987; GEIFUS, 1994; VILLACHICA, 1996; CAVALCANTE, 1996)

A inflorescência é axilar, as flores masculinas e femininas são semelhantes, volumosas, de 2,5 m a 3m de comprimento, o pedúnculo com cerca de 1 m, com brácteas tubulares, raque com 2 m de comprimento com numerosos ramos providos de bacteólas tubulares de onde partem pequenos eixos de 1 a 6 cm, onde estão inseridas as flores (CAVALCANTE, 1996).

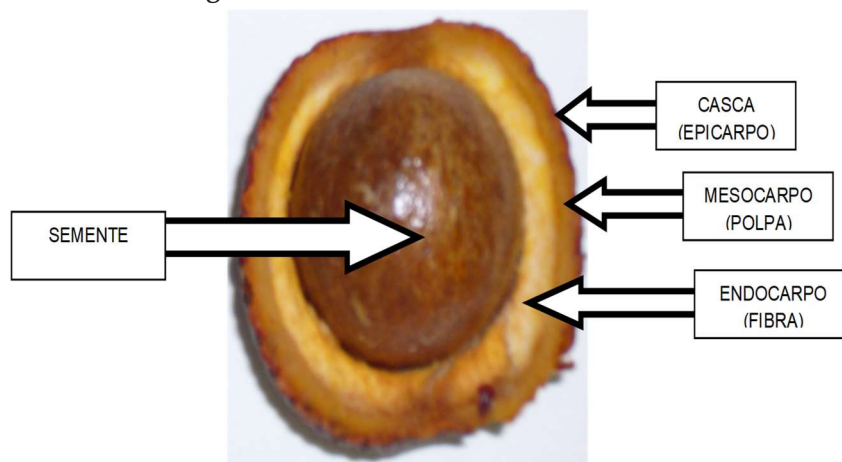
O fruto é uma drupa oblongo-elipsóideia ou globosa de 5 a 7 cm de comprimento por 4 a 5 cm de diâmetro, com peso médio de 40 a 50g, epicarpo (casca) formado de escamas rambóides, córneas de cor castanho-avermelhado e lustrosas; mesocarpo (polpa) representado por uma camada espessa, massa amarelada ou alaranjada; endocarpo esponjoso (fibra) e semente muito dura (CAVALCANTE, 1996). Na Figura 2 estão apresentados frutos de Buriti com e sem casca e na Figura 3 as partes internas e externas do fruto.

Figura 2 - Fruto de buriti (com e sem Casca).



Fonte: Os autores.

Figura 3 - Corte interno do Fruto de Buriti



Fonte: Os autores.

4 APROVEITAMENTO DO BURITI

As espécies do gênero *Mauritia* apresentam diversidade de aplicações raramente visto em outras plantas, o que levou muitos historiadores a descreverem a palmeira como “árvore da vida”. De fato, as populações que habitam as zonas de incidência da palmeira, de modo especial, os indígenas e ribeirinhos da Amazônia, dela se servem para múltiplos propósitos além de suas necessidades alimentares (LORENZI, 1996).

Infelizmente, o conhecimento dos benefícios da maior parte da variedade de produtos naturais da Amazônia ainda permanece como herança da população nativa. Apesar de sua larga distribuição e amplas possibilidades econômicas, o comércio em grande escala pode ser observado somente em Iquitos, Perú, e em pequena escala, no Equador (RUIZ et al., 2001).

Inúmeros produtos do buritizeiro são aproveitados pela população ribeirinha em suas necessidades diárias: a polpa (mesocarpo) que envolve a semente do fruto pode ser consumida *in natura* ou mesmo usada para fabricação de doces, sendo também utilizada no preparo de uma espécie de vinho caseiro. O óleo comestível da polpa é usado na fritura, na produção de sabão caseiro além da indústria de cosméticos. No Ceará, as sementes são utilizadas para alimentação de suínos (CAVALCANTE, 1996).

Da medula do tronco, por processos caseiros, obtém-se uma fécula amilácea idêntica ao “sagu” da Índia, utilizada no preparo de mingau. As folhas maduras servem para cobertura de casas rústicas e as novas fornecem embiras bastante resistentes, muito usadas no artesanato regional para confecção de redes, chapéus, balaies, etc. O pecíolo, leve e poroso, é um material macio e fácil de trabalhar sendo empregado na fabricação de rolhas e no artesanato regional principalmente brinquedos. O tronco é resistente, permitindo a sustentação de residências simples e, quando oco, é utilizado

para calhas. Também é empregado nas construções rurais e de trapiches na beira dos rios. (CAVALCANTE, 1996).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As farinhas da casca e da fibra de buriti, além da polpa, são boas fontes de fibra alimentar, podendo ser utilizada como ingrediente de ótima qualidade para enriquecimento de produtos à base de fibras e pode ser classificado também como fonte de vitamina E.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE M. L. S.; GUEDES I.; ALCÂNTARA P.; MOREIRA S. G. C. Infrared absorption spectra of Buriti (*Mauritia flexuosa* L.) oil. **Vibrational Spectroscopy**. v. 33, p. 127-31. 2003.

BOHÓRQUEZ, J. A. Monografia sobre *Mauritia flexuosa* L.f. In: Simpósio Internacional sobre plantas de interes economico de la flora Amazonica, Belém, 1972, Turrialba, IICA-TROPICOS, 1976. 292p., il. (Informes de Conferências Cursos e Reuniones, 93).

CALBO, M. E. R.; MORAES, J. A. P. V. Fotossíntese, Condutância estomática, transpiração e ajustamento osmótico de plantas de buriti submetidas a estresse hídrico. Brasília. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 9, n. 2, p.117-123, 1997.

CALBO, M. E. R.; MORAES, J. A. P. V.; CALBO, A. G. Crescimento, Condutância estomática, fotossíntese e porosidade de Buriti sob inundação. Brasília. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 10, n. 1, p.51-58, 1998.

CALZADA BENZA, J. *Mauritia flexuosa* L. In: CALZAD BENZA, J. **143 frutales nativos**. Lima. El Estudiante, 1980. p.98-101.

CAVALCANTE, P. B. Miriti. In: Cavalcante, P. B. **Frutas comestíveis da Amazônia**. Belém: CNPQ/MPEG, 1996. p.168-171.

FILHO, A. B. G.; LIMA, J. A. S. **O Buritizeiro (*Mauritia flexuosa*) e seu potencial de utilização**. EMBRAPA, Macapá/AP. 2001.

GEIFUS, F. El Aguaje o Buriti. In: GEILFUS, F. El arbol al servicio del agricultor: manual de agroflorestaria para el desarrollo rural. Turrialba, 1994.

KOBORI, C. N.; JORGE, N. Caracterização dos óleos de algumas sementes de frutas como aproveitamento de resíduos industriais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 1008-1014, set./out., 2005.

MAURITIA. In: REUNIÓN DE CONSULTA SOBRE PALMERAS POCO UTILIZADAS DE AMÉRICA TROPICAL, 1983, Turrialba. Informe...San José: Litografia e imprenta LIL, 1983. p.17-20.

MENEZES, C. S. M. de. **Óleo De Buriti Na Produção De Truta Salmonada**. Orientador: Alceu Mezzalana. 2019. 111 p. Tese (Doutorado), Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2019. Disponível em: <https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/>

public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=-true&id_trabalho=8218815. Acesso em: 02 fev. 2021

MOURA FILHO, J. M. D. Preparado de buriti (*Mauritia flexuosa* L.): produção, caracterização e aplicação em leite fermentado. 2017. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/151139/mourafilho_jm_dr_sjrp.pdf?sequence=3. Acesso em: 5 fev. 2021

OLIVEIRA, R. M. M., PEREIRA, F. T., PEREIRA, E. C., MENDONÇA, C. J. S. Óleo de Buriti: índice de qualidade nutricional e efeito antioxidante e antidiabético. **Revista Virtual de Química**, v. 12, n. 1, 2020. ISSN 1984-6835.

RESENDE, L. M. Avaliação do potencial de aproveitamento de resíduos da extração de óleo de buriti para produção de pós ricos em fibra alimentar com compostos antioxidantes associados. Orientador: Adriana Silva França. 2016. 92 f. Dissertação (Ciência de Alimentos) Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUBD-AC3H4N/1/disserta_o_la_s_maia_resende.pdf. Acesso em: 02 fev. 2021.

ROCHA, P. H. D. Q. Caracterização e análise dos endocarpos de buriti (*Mauritia flexuosa*) e babaçu (*Attalea speciosa*) para fins energéticos. Orientador: ^a Juliana Petrocchi Rodrigues. 2018. 71 f. Monografia (Graduação) – Universidade de Brasília Faculdade do Gama, Brasília, 2018. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/21550>. Acesso em: 02 fev. 2021.

RUIZ, R. R.; PANDURO, G. R.; MELÉNDEZ, P. R.; JARAMA, C. F. S.; SIAS, C. R.; FLORES, C. L.; RÍOS, C. M.; NORIEGA, D. T.; VÁSQUEZ, J. O.; ALVÁN, W. S.; ISUIZA, V. M.; SALINAS, H. L.; GONZA, N. V.; FASABI, N. C.; RUIZ, J. S.; OLIVEIRA, V. L. de; PANDURO, R. F. M. Comercialización de massa y Fruto Verde de Aguaje (*Mauritia flexuosa*) em Iquitos (Perú). **Folia Amazónica**, v.12, n. 1-2, 2001.

URREGO, L. E. Estudio preliminar de la fenología de la conangucha (*Mauritia flexuosa* L.F.). **Colombia Amazónica**, Bogotá, v. 2, p. 57-81, 1987.

VELLACHICA, H. Agauje. In: VELLACHICA, H. **Frutales y hortalizas promisorios de la Amazonia**. Lima: Tratado de Cooperación Amazonica, 1996. p. 3-11.



CAPÍTULO 6

UM ESTUDO SOBRE A CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA EM OVOS COMERCIAIS

A STUDY ON MICROBIOLOGICAL CONTAMINATION IN COMMERCIAL EGGS

João Paixão dos Santos Neto¹

Victória Caroline do Moraes Gatti²

Josiane Pereira da Silva³

Priscilla Diniz Lima da Silva Bernardino⁴

Fábio Israel Martins Carvalho⁵

Priscilla Andrade Silva⁶

Carolina Rodrigues da Fonseca⁷

DOI: 10.46898/rfbe.9786558890225.6

¹ Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária de Portugal. <https://orcid.org/0000-0003-4645-6866>. joaopaixoneto@gmail.com

² Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0002-7400-1685>. victoriagatti.agro@gmail.com

³ Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0002-0469-2329>. josi19pereira@hotmail.com

⁴ Universidade Federal da Paraíba. <https://orcid.org/0000-0003-1990-9620>. pdlsbernardino@gmail.com

⁵ Universidade Federal Rural da Amazônia. <http://orcid.org/0000-0002-8995-2141>. fabioimc@yahoo.com.br

⁶ Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0002-2774-3192>. prisciandra@yahoo.com.br

⁷ Instituto Federal do Pará. <https://orcid.org/0000-0003-2526-5913>. carolina@iftm.edu.br

RESUMO

O ovo comercial é o resultado de uma eficiente transformação biológica realizada pela galinha. Sua estrutura básica é composta por casca, gema e clara. Apresenta constituintes que atuam como barreiras físicas e químicas, preservando a qualidade e evitando a contaminação por microorganismos. Especialmente a casca, que possui membrana interna e externa mas também enzimas com propriedades antimicrobianas que atuam como barreira protetora. Estudos relatam que a contaminação de ovos ocorre de forma natural. Ovos são apontados como principal alimento responsável pela *salmonelose* em seres humanos. Os principais patógenos associados à contaminação do ovo são *Salmonella thyphimurium*, *Salmonella Enteritidis*, *Salmonella Pullorum* e *Escherichia coli* enteropatogênica. Os dados epidemiológicos divulgados pelas mídias, que referem a casos de toxi-infecções alimentares causados por ovos, tem como principais agentes etiológicos as salmonelas e os coliformes. Com base no exposto, a referida revisão objetivou realizar um estudo sobre a contaminação microbiológica dos ovos e seus principais microrganismos (*Salmonella* sp. e *Escherichia coli*) envolvidos nas principais doenças transmitidas por alimentos em ovos comerciais.

Palavras-chave: Contaminação. *Salmonella* sp. *Escherichia coli*. Doenças.

ABSTRACT

The commercial egg is the result of an efficient biological transformation carried out by the chicken. Its basic structure is composed of shell, yolk and clear. It presents constituents that act as physical and chemical barriers, preserving quality and avoiding contamination by microorganisms. Especially the bark, which has internal and external membrane but also enzymes with antimicrobial properties that act as a protective barrier. Studies report that egg contamination occurs naturally. Eggs are indicated as the main food responsible for salmonellosis in humans. The main pathogens associated with egg contamination are *Salmonella thyphimurium*, *Salmonella Enteritidis*, *Salmonella Pullorum* and enteropathogenic *Escherichia coli*. The epidemiological data published by the media, which refer to cases of food toxi-infections caused by eggs, have *salmonella* and coliforms as the main etiological agents. Based on the above, this review aimed to conduct a study on the microbiological contamination of eggs and their main microorganisms (*Salmonella* sp. and *Escherichia coli*) involved in the main foodborne diseases in commercial eggs.

Keywords: Contamination. *Salmonella* sp. *Escherichia coli*. Diseases.

1 INTRODUÇÃO

A avicultura de postura tem apresentado um crescimento significativo nos últimos anos, tendo a produção brasileira de ovos um aumento de 6,1% em 2015, em relação ao ano de 2014, e resultou em 39,5 milhões de unidades, sendo o estado de São Paulo responsável por 33,24% da produção brasileira, seguido do estado de Minas Gerais com 11,5%. O consumo doméstico chegou a 191,7 unidades per capita (Associação Brasileira de Proteína Animal – ABPA, 2016).

A maior frequência de contaminação em ovos comercializados em locais de vendas relaciona-se ao sistema de produção das aves, muitas vezes, sem a atenção necessária aos aspectos higiênico-sanitários do ambiente; contato de ovos com as fezes pela passagem na cloaca no momento da postura ou no ninho; tempo de permanência no ninho; armazenamento em locais impróprios e por tempo indeterminado e a manipulação inadequada (ANDRADE et al., 2004).

O processo de higienização dos ovos gera grande polêmica quando se reporta a qualidade de ovos. Todavia, este procedimento influencia positivamente na aceitação do produto pelo consumidor, uma vez que melhora a aparência para comercialização, por questão de aspecto visual (LLOBET; PONTES; GONZALEZ, 1989), além de diminuir a probabilidade de contaminação e a ameaça à segurança alimentar (LAUDANNA, 1995; ALMEIDA, 2013).

Os procedimentos de higienização de ovos, comumente, utilizam como agentes químicos o ácido peracético e cloro, este último devido sua facilidade na aplicação, custo e por apresentar rápida ação biocida sobre micro-organismos, sendo assim bastante usado na indústria de alimentos.

O objetivo deste estudo foi realizar um levantamento literário acerca dos principais microrganismos que envolvem as doenças transmitidas pela ingestão de ovos comerciais contaminados.

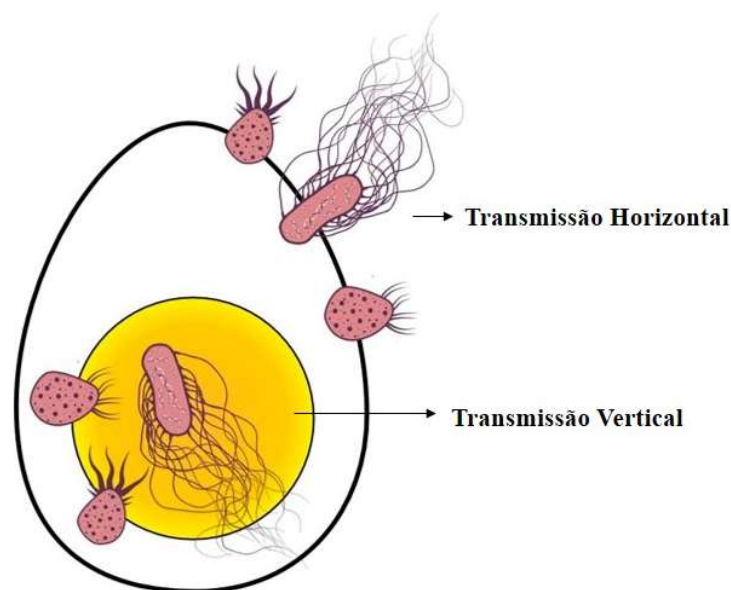
2 CONTAMINAÇÃO MICROBIOLÓGICA DE OVOS

Os ovos e produtos à base de ovos estão frequentemente envolvidos nos surtos de Doenças Transmitidas por Alimentos (DTAs). De acordo com o Sistema de Informação de Agravos de Notificação Nacional (SINAN, 2015), estes produtos foram associados a 7,8% dos casos epidemiológicos entre os anos de 2000 a 2015, sendo o 3º maior grupo de alimentos relacionados às DTAs.

As bactérias que produzem infecções sistêmicas, por exemplo, *Escherichia coli* e *Salmonella* sp., são introduzidas nas galinhas através do trato gastrointestinal. Estudos

de Soncini e Bittencourt (2003) e Okamura et al. (2001a, b) propõem duas vias possíveis de contaminação de ovos: por transmissão vertical e transmissão horizontal (Figura 1).

Figura 1 - Mecanismo de contaminação de ovos.



Fonte: PLUSVET (2014).

Na transmissão horizontal os ovos podem ser contaminados por penetração através da casca de ovo no intestino colonizado, ou por fezes contaminadas durante, ou após a oviposição (MESSENS; GRIJSPEERDT; HERMAN, 2005; DE REU et al., 2006). A segunda rota possível é por contaminação direta, também denominada transmissão vertical, da gema, clara, membranas, ou, casca de ovo antes de oviposição, e é originária da infecção de órgãos reprodutivos com *Salmonella Enteritidis* (KELLER et al., 1995; MIYAMOTO et al., 1997; OKAMURA et al., 2001a, b). No entanto, Soncini e Bittencourt (2003) relatam que a transmissão transuterina ou transmissão vertical ocorre devido, contaminação com *E. coli*.

Embora alguns autores afirmem que a transmissão horizontal é a mais importante forma de contaminar os ovos (BARROW; LOVELL, 1991; BICHLER et al., 1996), a maioria dos autores afirma que a transmissão vertical é a rota mais importante (GAST; BEARD, 1990; MIYAMOTO et al., 1997; GUARD-PETTER, 2001), por estar em contato direto com o conteúdo interno dos ovos. E, que a preservação das barreiras naturais da casca serve para evitar a contaminação dos ovos, tendo em vista uma melhor eficiência produtiva das aves e a preservação da qualidade microbiológica dos seus produtos, sendo importante o aprofundamento no conhecimento dos diversos produtos de sanitização, objetivando a manutenção das características protetoras da casca (CAFÉ; GONZALES, 2003).

3 CONTAMINAÇÃO POR *SALMONELLA SP.* E *ESCHERICHIA COLI* EM OVOS COMERCIAIS

Estudos relatam que a contaminação de ovos ocorre de forma natural. Ovos são apontados como principal alimento responsável pela salmonelose em seres humanos (PINTO; SILVA, 2009). Os principais patógenos associados à contaminação do ovo são *Salmonella thyphimurium*, *Salmonella Enteritidis*, *Salmonella Pullorum* e *Escherichia coli* enteropatogênica (STRINGHINI et al., 2009).

Salmonella sp. e *Escherichia coli* presentes na superfície da casca de ovos podem penetrar no seu interior, dependendo da qualidade da casca, condições de tempo, temperatura e estocagem (HUMPHREY, 1990; PADRON, 1990; CLAY; BOARD, 1991; HUMPHREY et al., 1991; SCHOENI et al., 1995; JORDAN; PATTISON, 1998; FERREIRA; KNÖBL, 2000).

A *Salmonella sp.* presente nas fezes da ave pode penetrar no ovo antes do estabelecimento da barreira cuticular proteica da sua superfície, a qual é considerada a primeira barreira de prevenção contra a invasão bacteriana. Assim, o agente localizado na vagina se adere à casca, ultrapassando-a e contaminando o conteúdo interno do ovo (MIYAMOTO et al., 1997).

A salmonelose é uma doença causada pela bactéria da família Enterobacteriaceae, do gênero *Salmonella*, que são bastonetes gram-negativos, móveis, flagelados e não fermentadores de lactose e sacarose. São anaeróbios facultativos, catalase positivos, produzem ácido sulfídrico e reduzem nitrito a nitrato, com crescimento ótimo a 35 a 37 °C e pH 6,5 a 7,5. Podem sobreviver ao congelamento e à desidratação por longos períodos na matéria orgânica (VASCONCELLOS; HAMATY; NASCIMENTO, 2014). Há cerca de 2.500 sorotipos de *Salmonella* identificados, mas as de sorotipo de *Salmonella Enteritidis* tem sido associadas a mais de 20% dos surtos alimentares (Centers for Disease Control and Prevention - CDC, 2011). É uma doença de grande importância para o homem e, portanto, para a saúde pública, pois é uma zoonose que se caracteriza por uma toxi-infecção de origem alimentar, geralmente decorrente de má higiene e pelo contato com animais portadores assintomáticos ou doentes, que eliminam o agente da salmonelose através de suas fezes, podendo contaminar alimentos de origem animal e também vegetal. *S. Typhimurium* é o principal sorotipo de salmonela encontrado em alimentos, seguido pela *S. Enteritidis*, que tem se envolvido com infecções transmitidas a partir de ovos crus e derivados (VASCONCELLOS; HAMATY; NASCIMENTO, 2014).

Escherichia coli é uma bactéria pertencente à família Enterobacteriaceae, é um bastonete curto, com coloração Gram negativa, não esporulado, cujo tamanho varia de 1,1

a 1,5 µm por 2-6 µm. Em sua maioria, são móveis, devido à existência de flagelos peritríqueos. Em meios nutrientes sólidos, as colônias apresentam cerca de 1 a 3 mm de diâmetro podendo apresentar duas formas, lisa e rugosa, mas podem existir colônias com características intermediárias e mucoides. Colônias lisas são convexas e brilhantes, possuem bordas regulares, enquanto colônias rugosas apresentam um aspecto e aparência grosseira, contornos irregulares (EDWARDS; EWING'S, 1986; FERREIRA; KNÖBL, 2009). Essa bactéria possui metabolismo respiratório e fermentativo, pois é anaeróbio facultativo. A sua temperatura ideal de multiplicação é 37°C, porém consegue multiplicar em temperaturas de 18 a 44°C. Nas provas bioquímicas é positiva para vermelho de metila e produção de indol, enquanto para as provas de catalase, oxidase, utilização do citrato e Voger Proskauer é negativa. Não é capaz de utilizar a ureia como única fonte de nitrogênio, descarboxila os aminoácidos arginina, lisina e ornitina e possui como principal característica fermentar lactose e glicose produzindo ácido e gás (EDWARDS; EWING'S 1986).

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, para a produção de ovos destinados à industrialização devem ser previamente observados os requisitos estabelecidos pelo Serviço de Inspeção Federal para o procedimento mencionado (BRASIL, 1990). A RDC (Resolução da Diretoria Colegiada) nº 12, de 12 de janeiro de 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a qual estabelece padrões microbiológicos para fins de registro e fiscalização de produtos alimentícios, a *Salmonella* spp. deve ser ausente em 25g de ovo cru (BRASIL, 2001).

Franco e Landgraf (2008) afirmam que a pesquisa de *E. coli* fornece, com maior segurança, informações sobre as condições higiênico sanitárias de um produto, sendo a melhor indicação da eventual presença de enteropatógenos. Os processos de produção de ovos livres de *Salmonella* spp. e *Escherichia coli* deve priorizar a higienização após a postura e refrigeração pois, são pontos críticos de controle para redução dos surtos de intoxicação humana de origem alimentar (MEDEIROS et al., 2011).

A contaminação de ovos, seja na casca ou no conteúdo (gema e/ou clara), é o principal fator de qualidade que deve ser rigorosamente inspecionado na tentativa de garantir segurança do consumidor, já que relatos mostram alta incidência de contaminação de ovos no mercado por *Salmonella* (ANDRADE et al., 2004; SILVA JÚNIOR, 2014).

Vaniel et al. (2013) detectaram *Salmonella* sp. em 4,17% (3/72) das amostras de ovos analisadas, sendo duas amostras provenientes de supermercado e uma proveniente de feira livre de Pelotas, RS. De acordo com a porção do ovo analisada, duas amostras continham a bactéria na gema e uma amostra apresentou *Salmonella* sp. na

casca. Corroborando com isto, Oliveira e Silva (2000) detectaram contaminação por *Salmonella Enteritidis* no conteúdo interno (3,2%) e na casca (9,6%) de ovos destinados ao consumo humano no estado de São Paulo. No entanto, Baú, Carvalho e Aleixo (2001), ao avaliarem 94 amostras de cascas e gemas de ovos, provenientes de granjas ou da região da colônia de Pelotas, não detectaram a presença de *Salmonella* sp..

Bezerra, Vieira e Melo Júnior (1995) isolaram *Escherichia coli* de 70% das cascas de ovos provenientes de supermercados e feiras livres. Essa observação é preocupante, uma vez que as enterobactérias possuem atividade proteolítica, que destroem algumas estruturas da casca do ovo, podendo facilitar a penetração de micro-organismos, os quais se multiplicam no conteúdo do ovo e provocam sua deterioração.

Andrade et al. (2004) estudaram a frequência de microrganismos isolados em 272 amostras de ovos de galinhas coletados em granjas e no comércio varejista de Goiânia, Goiás. Os resultados demonstraram que 40,44% dos ovos examinados continham bacilos Gram negativos e fungos, que podem alterar a qualidade nutricional dos ovos. A frequência de *Escherichia coli* isolada foi de 1,83% nas granjas, e de 1,11% em postos de venda. Neste mesmo estudo, foi observada a presença de *Salmonella* sp. em 1,48% das amostras e de *Salmonella Enteritidis* em 0,36%.

Em estudo realizado por Stringhini et al. (2009), as frequências de coliformes totais das cascas de ovos dos galpões e das salas de classificação das granjas com sistema de lavagem apresentaram um aumento da frequência do número mais provável de coliformes totais na sala de classificação em relação aos resultados obtidos nos galpões. Para as frequências de coliformes termotolerantes nas cascas de ovos coletados nos galpões, tanto nas granjas que utilizavam lavagem de ovos, quanto naquelas que comercializavam ovos não lavados, indicaram contaminação fecal, possivelmente pelo contato com excretas das aves na gaiola. Tal fato permite inferir que a produção nessas granjas foi realizada em condições higiênicas insatisfatórias e que a proliferação dessas bactérias poderia causar diminuição da vida de prateleira dos ovos e perigo à saúde dos consumidores. No mesmo estudo, não se observou presença de *Salmonella* sp. nas cascas, nem contaminação do conteúdo dos ovos coletados.

Cabe ressaltar que a presença de coliformes totais nas cascas de ovos não indica, necessariamente, contaminação fecal recente ou ocorrência de enteropatógenos, uma vez que esse grupo envolve outros gêneros além da *Escherichia*, como *Citrobacter*, *Enterobacter* e *Klebsiella*, as quais podem estar presentes também no solo e na água (SILVA et al., 2010).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A contaminação de ovos ocorre por diversos fatores e isto está frequentemente presente em surtos de doenças transmitidas por alimentos. Assim, é importante a preservação e manutenção das características protetoras das cascas como métodos de prevenção, e outras práticas como a limpeza e sanitização para evitar a contaminação microbiológica.

REFERÊNCIAS

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório anual 2016**. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/publicacoes/relatorios-anuais>>. Acesso em: 18 ago. 2016.

ALMEIDA, D. S. **Qualidade Físico-Química de Ovos Comerciais Submetidos a Diferentes Métodos de Tratamento de Casca e Condições de Estocagem**. 2013. 86f. Dissertação. (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Santa Catarina, 2013.

ANDRADE, M. A.; CAFÉ, M. B.; JAYME, V. S.; ROCHA, P. T.; LEANDRO, N. S. M.; STRINGHINI, J. H. Avaliação da qualidade bacteriológica de ovos de galinha comercializados em Goiânia. Goiás. Brasil. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 5, n. 4, p. 221-228, 2004.

BARROW, P. A.; LOVELL, M. A. Experimental infection of egg-laying hens with *Salmonella* Enteritidis phage type 4. **Avian Pathology**, v. 20, p. 335-348, 1991.

BAÚ, A. C.; CARVALHAL, J. B.; ALEIXO, J. A. G. Prevalência de *Salmonella* em produtos de frango e ovos de galinha comercializados em Pelotas-RS, Brasil. **Ciência Rural**, v. 31, n. 2, p. 303-307, 2001

BEZERRA, R.; VIEIRA, R. G.; MELO JÚNIOR, E. J. Galinha caipira (nativa) como reservatório de *Mycoplasma gallisepticum*, *Mycoplasma sinoviae* e *Salmonella* sp. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS - trabalhos de pesquisa, 1995, Curitiba. **Anais...** Campinas: FACTA, p.149-150, 1995.

BICHLER, L. A.; KABAMBI, V.; NAGARAJA, D. V. M.; HALVORSON, D. A. *Salmonella* Enteritidis in eggs, cloacal swab specimens, and internal organs of experimentally infected white leghorn chickens. **American Journal of Veterinary Research**, v. 57, p. 489-495, 1996.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria n. 1 de 21/02/1990. Publicada em 06/03/1990. Oficializa as **Normas gerais de inspeção de ovos e derivados**. Brasília. DF: MAPA, 1990. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta>>. Acesso em: 07 fev. 2016.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n. 12 de 02 de janeiro de 2001. Dispõe sobre o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**,

Brasília, DF, 10 de jan. 2001. Disponível em: <www.abic.com.br/ arquivos/leg_resolucao12_01_anvisa.pdf>. Acesso em: 07 fev. 2016.

CAFÉ, M. B; GONZALES, E. Produção de pintos com qualidade total. In: MACARI, M.; GONZALES, E. **Manejo da incubação**. Campinas: FACTA, 2003. Cap. 5, p.516-526.

CDC. CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. **National Salmonella Surveillance Annual Report**, 2011. Atlanta, Georgia: US Department of Health and Human Services, CDC, 2013.

CLAY, C. E.; BOARD, R. G. Growth of *salmonella enteritidis* in artificially contaminated hens' shell eggs. **Epidemiology Infection**, v. 106, p. 271-281, 1991.

DE REU, K.; GRISPEERDT, K.; MESSENS, W.; HEYNDRICKS, M.; UYTENDAELE, M.; DEBEVERE, J.; HERMAN, L. Egg shell factors influencing egg shell penetration and whole egg contamination by different bacteria including *Salmonella enteritidis*. **International Journal of Food Microbiology**, v112, p. 253-260, 2006.

EDWARDS, P. R.; EWING'S, W.H. The genus *Escherichia*. In: **Edwads and Ewing's identification of enterobacteriaceae**. 4. ed., New York: Elsevier Science Publishing, chap. 6, p. 93-134, 1986.

FERREIRA, A. J. P.; KNÖBL, T. Colibacilose aviária. In: BERCHIERI JR, A; MACARI, M. (Ed.). **Doença das aves**. Campinas: FACTA, cap. 4.2, p. 197-208, 2000.

FERREIRA, A. J. P.; KNÖBL, T. Colibacilose. In: BERCHIERI JUNIOR A.; SILVA, E. N., Di FABIO, J.; SESTI, L.; ZUANAZE, M. A. F. (Ed.). **Doença das aves**. 2th ed. Campinas: FACTA, cap. 4.2, p. 457-471, 2009.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. 2. ed., São Paulo: Editora Atheneu, 2008.

GAST, R. K.; BEARD, C. W. Production of *Salmonella* Enteritidis-contaminated eggs by experimentally infected hens. **Avian Diseases**, v. 34, p. 438-446, 1990.

GUARD-PETTER, J. The chicken, the egg and *Salmonella* Enteritidis. **Environmental Microbiology**, v. 3, p. 421-430, 2001.

HUMPHREY, T. J. Growth of *salmonellas* in intact shell eggs: Influence of storage temperature. **Veterinary Record**, v. 126, p. 292, 1990.

HUMPHREY, T. J.; WHITEHEAD, A. H.; GAWLER, A. H. L.; HENLEY, A.; ROWE, B. Numbers of *Salmonella enteritidis* in the contents of naturally contaminated hens' eggs. **Epidemiology Infection**, v.106, p. 489-496, 1991.

JORDAN, F. T. W.; PATTISON, M. **Poultry diseases**. 4. ed. London: W. B. Saunders Company Ltd, 546 p., 1998.

KELLER, L. H.; BENSON, C. E.; KROTEK, K.; ECKROADE, R. J. *Salmonella* Enteritidis colonization of the reproductive tract and forming and freshly laid eggs of chickens. **Infection and Immunity**, v. 63, p. 2443-2449, 1995.

LAUDANNA, S. P. Cuidados garantem ovos saudáveis. **Revista Aves e Ovos**, São Paulo, n. 9, p. 32, 1995.

LLOBET, J. A. C.; PONTES, M. P.; GONZALEZ, F. F. Factores que afectan a la calidad del huevo. In: **Producción de huevos**. Barcelona, Espanha: Tecnograf S.A., p. 255-274, 1989.

MEDEIROS, K. C.; MARTINS, S. S.; SOUTO, Y. S. M.; SILVA, G. A. S.; ARAÚJO, A. S. *Salmonella* sp. e *Escherichia coli* em ovos. **Caderno Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. v. 1, n. 1, 2011.

MIYAMOTO, T.; BABA, E.; TANAKA, T.; SASAI, K.; FUKATA, T.; ARAKAWA, A. *Salmonella* Enteritidis contamination of eggs from hens inoculated by vaginal, cloacal and intravenous routes **Avian Diseases**, v. 41, p. 296-303, 1997.

OKAMURA, M.; KAMIJIMA, Y.; MIYAMOTO, T.; TANI, H.; SASAI, K.; BABA, E. Differences among six *Salmonella* serovars in abilities to colonize reproductive organs and to contaminate eggs in laying hens. **Avian Diseases**, v. 45, p. 61-69, 2001a.

OKAMURA, M.; MIYAMOTO, T.; KAMIJIMA, Y.; TANI, H.; SASAI, K.; BABA, E. Differences in abilities to colonize reproductive organs and to contaminate eggs in intravaginally inoculated hens and in vitro adherences to vaginal explants between *Salmonella* Enteritidis and other *Salmonella* serovars. **Avian Diseases**, v. 45, p. 962-971, 2001b.

OLIVEIRA, D. D.; SILVA, E. N. *Salmonella* em ovos comerciais: ocorrência, condições de armazenamento e desinfecção da casca. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 52, n. 6, p. 655-661, 2000.

PADRON, M. N. *Salmonella typhimurium* penetration through the eggshell of hatching eggs. **Avian Diseases**, v. 34, p. 463-465, 1990.

PINTO, A. T.; SILVA, E. N. Ensaios de penetração de *Salmonella Enteritidis* em ovos de galinha com diferentes qualidades de casca, submetidos ou não a lavagem industrial e a duas temperaturas de armazenagem. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.61, n.5, p.1196-1202, 2009.

PLUSVET. Why egg quality impacts the health of day-one-chicks? Disponível em: <<http://www.plusvet.eu/how-egg-quality-impacts-the-health-of-day-one-chicks/>>. Postado em 31 julho 2014. Acesso em: 23 julho 2016. .

SCHOENI, J. L.; GLASS, K. A.; MCDERMOTT, J.L.; WONG, A. C. L. Growth and penetration of *Salmonella enteritidis*, *Salmonella heidelberg* and *Salmonella typhimurium* in eggs. **International Journal Food Microbiology**, v. 24, p. 385-396, 1995.

SILVA JUNIOR, E. A. **Manual de Controle Higiênico-Sanitário em Serviços de Alimentação**. 7. ed., São Paulo: Livraria Varela, 2014.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; SANTOS, R. F. S., GOMES, R. A. R. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 4. ed. São Paulo: Livraria Varela, 2010.

SINAN. Sistema de Informação de Agravos de Notificação. **Vigilância Epidemiológica das Doenças Transmitidas por Alimentos**. Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica, Coordenação Geral de Vigilância das Doenças Transmissíveis. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://u.saude.gov.br/images/pdf/2015/novembro/09/Apresenta----o-dados-gerais-DTA-2015.pdf>>. Acesso em: 23 julho 2016.

SONCINI, R. A., BITTENCOURT, F. L. Contaminação dos ovos após a postura. In: MACARI, M., GONZALES, E. **Manejo da incubação**. Campinas: FACTA, 2003. Cap. 4, p. 437-450, 2003.

STRINGHINI, M. L. F.; ANDRADE, M. A.; MESQUITA, A. J.; ROCHA, T. R.; REZENDE, P. M.; LEANDRO, N. S. M. Características bacteriológicas de ovos lavados e não lavados de granjas de produção comercial. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 10, n. 4, p. 1317-1327, 2009.

VASCONCELLOS, G. S. F. M.; HAMATY, M. H. R. C.; NASCIMENTO, R. S. **Surtos de Salmonelose em Produtos de Origem Aviária**. São Paulo - SP, 2014. Disponível em: <<http://vps.fmvz.usp.br/labmas/wp-content/uploads/2014/08/SURTOS-DE-SALMONELOSE-EM-PRODUTOS-DE-ORIGEM-AVI%C3%81RIA.pdf>>. Acesso em: 07 fev. 2016.



CAPÍTULO 7

UM ESTUDO SOBRE AS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO PAU-DE-BALSA (*OCHROMA PYRAMIDALE*) E AS RESPOSTAS FISIOLÓGICAS E METABÓLICAS DAS PLANTAS AO ESTRESSE ABIOTICO

*A STUDY REGARDING THE MAJOR CHARACTERISTICS OF PAU-DE-BALSA (*OCHROMA PYRAMIDALE*) AND THE PHYSIOLOGICAL AND METABOLICAL RESPONSES OF PLANTS TO ABIOTIC STRESS*

*Glauco André dos Santos Nogueira*¹

*Ana Ecídia de Araújo Brito*²

*Vitor Resende do Nascimento*³

*Gabriel Gustavo Tavares Nunes*⁴

*Regiane da Conceição Vieira*⁵

*Priscilla Andrade Silva*⁶

*Cândido Ferreira de Oliveira Neto*⁷

DOI: 10.46898/rfbc.9786558890225.7

¹ Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/000-0003-3229-5694>. glauand@yahoo.com.br

² Universidade Federal Rural da Amazônia. <http://orcid.org/0000-0002-6927-0346>. ecidiabrito@hotmail.com

³ Universidade Federal Rural da Amazônia. <http://orcid.org/0000-0001-7620-7188>. vitoresf@gmail.com

⁴ Universidade Federal Rural da Amazônia. <http://orcid.org/0000-0003-0572-1731>. eng.agro.gmonteiro@gmail.com

⁵ Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0001-9752-6196>. regiane.vieira.c11@gmail.com

⁶ Universidade Federal Rural da Amazônia. <http://orcid.org/0000-0002-2774-3192>. prisciandra@yahoo.com.br

⁷ Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0002-6070-0549>. candido.neto@ufra.edu.br

RESUMO

O pau-de-balsa é uma espécie madeireira que possui grande importância para a recuperação de áreas degradadas, uma das contribuições dessa espécie está no sistema de silvicultura, devido principalmente ao seu rápido crescimento. Outra utilização da espécie, encontra-se no emprego de confecção de laminados, de papel e celulose, entre outros. Assim como outros vegetais, é preciso ter cuidados quanto a exposição aos diversos tipos de estresses bióticos e abióticos, os quais restringem vários processos metabólicos responsáveis pelo desenvolvimento dos mesmos. A deficiência hídrica ou excesso de água, são fatores abióticos que pode afetar a produtividade da cultura e a disseminação das espécies nos ecossistemas naturais. Desse modo, o objetivo do estudo foi fazer uma revisão sobre a espécie *Ochroma pyramidale* e as respostas das plantas ao estresse abiótico.

Palavras-chave: Recuperação de áreas. Ecossistema natural.

ABSTRACT

The Balsa Tree is a wood specie with great importance for the restoration of degraded landscapes, and one of the contributions of this species is on the forestry system, due to the fast growth rate. Another use for this species is in the confection of wood panels, paper, cellulose, among other uses. Just like other plants, is necessary to be careful with the exposition to the various types of biotic and abiotic stress, that restrain many metabolic processes responsible for growth. The water deficit or waterlogging are abiotic factors that can affect the plant productivity and the dissemination of species in the natural ecosystems. Therefore, the aim of this study was to construct a review about the species (*Ochroma pyramidale*) and the answers of the plants to the abiotic stress.

Keywords: Land recovery, Natural ecosystems.

1 INTRODUÇÃO

A floresta amazônica desempenha um importante papel nas trocas de energia, umidade e massa entre a superfície continental e atmosfera, além de fornecer serviços ambientais fundamentais para a manutenção do clima regional e global, tais como: o armazenamento e absorção do excesso de carbono da atmosfera, a ciclagem de água e o transporte de gases e vapor d'água para regiões longínquas (ROCHA et. al., 2004; FEARNSSIDE, 2005; ARTAXO et. al., 2005; MARENGO, 2006; MALHI et. al., 2008; DAVIDSON et. al., 2012).

Entretanto, nas últimas décadas, essa região tem passado por diversas fases de desenvolvimento e transformações que tem contribuído para alterações de suas características naturais, o homem tem sido o ator principal dessas mudanças sem precedentes que vai desde sua extensão territorial (FERREIRA & SALATI, 2005; BECKER, 2005), expansão das fronteiras agrícolas que adentrando em direção às áreas de florestas (CASTRO, 2005; FEARNSTIDE, 2005; SOUZA et al., 2012), atividades agropecuárias (BARONA et al., 2010; OLIVEIRA Jr. et al., 2010) até a exploração de práticas mineradoras.

Essas práticas têm contribuído de forma significativa para os aumentos das mudanças climáticas tanto em nível global como regional, com isso aumentando o aquecimento da superfície terrestre e até mesmo diminuindo os níveis de precipitação ocasionando secas prolongadas em algumas regiões e alagamentos permanentes em outras (MALHI & PHILLIPS, 2004).

Ainda sobre o tema Boyer, (1982) afirma que a baixa disponibilidade de água no solo aliada a ocorrência de chuvas mal distribuídas são cruciais para a existência de áreas propícias a estresse hídrico, o mesmo por sua vez é capaz de influenciar de maneira significativa o crescimento, produtividade e sobrevivência das plantas.

Dessa forma, a fisiologia vegetal pode contribuir de forma impar na seleção de espécies promissoras com maior capacidade produtiva, através da elaboração de fichas de descritores fisiológicos que as classifiquem como tolerantes e adaptadas aos diversos fatores de estresses ambientais principalmente relacionados à seca e alagamento (NASCIMENTO, 2013).

Para isso lança-se mão das espécies arbóreas nativas, com o intuito de manter a flora natural assim como aumentar o conhecimento sobre os mecanismos de adaptação que essas espécies exercem frente às mudanças climáticas (CARNEIRO, 1995; JOSÉ, 2003; PAIVA, 2003).

Tendo em vista a importância da espécie *Ochroma pyramidale*, assim como o baixo conteúdo de informações científicas na área de fisiologia vegetal dessa espécie, a pesquisa tem como objetivo realizar um estudo de revisão bibliográfica sobre as principais características do pau-de-balsa e as respostas fisiológicas e metabólicas das plantas ao estresse abiótico.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Características Botânicas

A espécie *Ochroma pyramidale* (Cav. Ex Lam.) Urb. é uma planta típica da região amazônica, ocorre na faixa de 19° N e 20° S em regiões tropicais das Américas do Sul e Central e em altitudes de 0 a 1000 m. Por se tratar de uma espécie de importância econômica, ambiental e social é necessário aprofundar o conhecimento dos seus processos fisiológicos e metabólicos, contribuindo assim, para maior sucesso no uso desta nas atividades silviculturais.

A árvore tem vida curta, cresce rapidamente e pode chegar ao sobrecéu da floresta, com 20 a 25 m de altura e até 1,2 m de diâmetro. A casca é lisa, mas lenticelada e com estrias lineares, de cor clara, às vezes parda ou parda-acizentada e com manchas esbranquiçadas e até 1 cm de espessura. A copa é aberta e ampla e pode alcançar até 18 m de diâmetro. As folhas são simples, alternas e dispostas em espiral, apresentam pecíolo longo e 5 a 7 nervuras principais. O ápice da folha é arredondado ou subagudo e a base cordiforme. As flores são solitárias, vistosas, aromáticas, com 10-15 cm de largura e 7-9 cm de diâmetro e apoiadas por pedúnculos largos e grossos. O fruto é uma cápsula loculicida quase cilíndrica, lenhosa, de 10 a 25 cm de comprimento e 2 a 3 cm, excepcionalmente, 5 cm de diâmetro, de cor marrom- avermelhada a ferrugínea e pubescente. A deiscência locular se dá por cinco valvas longitudinais. Os frutos possuem um elevado número de sementes envoltas por uma paina sedosa de cor pardo-clara ou amarelada. As sementes são ovóides, mas com uma extremidade acuminada, de cor castanho escura de 2 a 5 mm de comprimento e 1,5 mm de diâmetro; fortemente aderidas à paina, que auxilia na dispersão das sementes. O endosperma é abundante e o embrião é reto (RIZZINI, 1978; FRANCIS, 1991).

2.2 Utilizações

O pau-de-balsa como é conhecida vulgarmente, participa das primeiras etapas de sucessão secundária em zonas tropicais úmidas, vem sendo muito utilizado em plantios mistos destinados à recomposição de áreas degradadas e de preservação permanente, graças ao seu rápido crescimento e tolerância à luminosidade (VASQUEZ & YANES 1974). Sua madeira, apesar da baixa densidade volumétrica (0,07-0,15 g/cm³), possui elevada resistência mecânica (VASQUEZ & YANES, 1974), segundo LAMPRECHT, (1990) essa espécie vem sendo utilizado na confecção de aeromodelos, revestimento de navios, balsas, embalagens especiais, bem como sucedâneo da cortiça na fabricação de coletes salva-vidas. Segundo o mesmo autor vem sendo usada também em sistemas pastoris, pois é plantada em pastos para fornecer sombreamento ao gado, contudo, não é uma prática recomendável, se há também a intenção de explorar

a madeira, pois os animais provocam vários danos ao fuste. A espécie também é usada como ornamental, pela sua beleza.

2.3 Processos Metabólicos

Os vegetais estão expostos aos mais diversos tipos de estresses bióticos e abióticos, os quais restringem vários processos metabólicos (anabólicos e catabólicos) responsáveis pelo desenvolvimento dos mesmos (XIONG et al., 2002; ZHU, 2002; LARCHER, 2004; MAHAJAN; TUTEJA, 2005; MARAGHNI et al., 2011; SILVA et al., 2010; NOGUEIRA et al., 2005).

Dentre os estresses abióticos que mais limitam o crescimento e desenvolvimento dos vegetais está a deficiência hídrica e o excesso de água, em se tratando de estresse hídrico, Boyer, (1982), e Osmond et al., (1987) asseguram que esse tipo de estresse afeta a produtividade das culturas, bem como, a distribuição das espécies nos ecossistemas naturais.

O primeiro efeito da falta de água é o decréscimo no alongamento celular em função da redução na turgescência da célula resultando na diminuição do desenvolvimento da área foliar e conseqüentemente no decréscimo na produção e alocação de fitomassa (HSIAO, 1973; BOYER, 1982; LUDLOW & MUCHOW, 1990; LARCHER, 2006).

Dependendo da espécie os teores de carboidratos solúveis podem aumentar ou diminuir, os mesmos apresentam papel crucial na regulação do metabolismo energético: fotossíntese e respiração (COSTA, 2012). Os carboidratos regulam a taxa de fixação de CO₂ e/ou a síntese ou hidrólise do amido, ambos no cloroplasto (GORAI, 2010). Pimentel, (2004) e Lissar et al., (2012) afirmam que sob deficiência hídrica, parte dos carboidratos dispostos no citoplasma, são utilizados na ativação dos mecanismos de tolerância a seca, independente do mecanismo em questão. Fato que promove a hidrólise de amido (reserva), após o fechamento estomático e a inibição da fotossíntese, convertendo-o em açúcares solúveis para exportação as regiões de interesse. Algumas plantas acumulam carboidratos no citosol e vacúolo, na tentativa de buscar o ajustamento osmótico (LIU et al, 2011).

Algumas plantas lenhosas apresentam fortes reduções na condutância dos estômatos e transpiração quando expostas ao déficit hídrico e alagamento, a ascensão de seiva via xilema pode ser favorecida pela síntese ou pelo acúmulo de solutos (orgânicos e inorgânicos) osmoticamente ativos no citosol celular (NEPOMUCENO et al., 2001). Entre os compostos osmoticamente ativos mais comuns, figuram a prolina (SZABADOS; SAVOURÉ, 2010), a glicina betaína (CHEN; MURATA, 2008) e os carboidratos

solúveis totais (SUDACHKOVA et al., 2002). O acúmulo desses compostos nas folhas diminui o potencial hídrico foliar (Ψ_w), o que aumenta a capacidade de absorção de água das plantas e atenua os efeitos da deficiência hídrica no conteúdo relativo de água da planta (PAGTER et al., 2005).

No caso do estresse imposto pela saturação hídrica do solo, essa condição possui um caráter fortemente seletivo. No decorrer do processo evolutivo, espécies tolerantes desenvolveram uma variedade de estratégias que as capacitaram a ocupar áreas sujeitas ao alagamento do solo. Dentre estas estratégias, ocorrem alterações morfoanatômicas que auxiliam a aeração interna da planta (DAVANSO et al., 1998; MEDRI et al., 2002), e alterações metabólicas, com diminuição no consumo de energia, ativação de rotas anaeróbias e menor investimento no crescimento (PIMENTA, 1998; MEDRI et al., 2002).

2.4 Importância

De maneira geral, as plantas lenhosas empregam grande quantidade de assimilados na construção dos tecidos de sustentação e condutores. No primeiro ano de vida, dependendo da espécie, a fitomassa pode representar a metade do total de matéria seca da planta, quando a mesma for adulta (LARCHER, 2006). Dessa forma torna-se fundamental o estudo ecofisiológico dessa espécie em sua fase inicial de crescimento, principalmente por auxiliar no estabelecimento de parâmetros fisiológicos indicativos de tolerância a estresses abióticos. Parâmetros esses que, se bem empregados e manejados, podem melhorar a produção e estabelecimento de novas mudas, além de facilitar na seleção de material genético mais resistente as condições edafoclimáticas desejadas (NOGUEIRA & SILVA, 2002).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar do pau-de-balsa obter potencial econômico e social para o ecossistema natural, para boa produção em consórcio, para restauração de áreas degradadas e obter mercado nacional, essa espécie ainda é pouco explorada cientificamente, principalmente na área da fisiologia vegetal, o qual ocorre mudanças de clima em escala regional e global. Sendo assim, seria promissor estudos avançados sobre o comportamento dessa espécie frente a essas mudanças, principalmente respostas fisiológicas e metabólicas em virtude das mudanças ocorrerem especialmente nessas características.

REFERÊNCIAS

ARTAXO, P.; GATTI, L. V.; LEAL, A. M. C.; LONGO, K. M.; FREITAS, S. R.; LARA, L. L.; PAULIQUEVIS, T. M.; PROCPÓPIO, A. S.; RIZZO, L. V. Química atmosférica na Amazônia: a floresta e as emissões de queimadas controlando a composição da atmosfera amazônica. **Acta Amazônica**, v.35, n.2, p.185-196, 2005.

- BOYER, J. S. Plant productivity and environment. **Science**, v.218, p.443-448, 1982.
- BECKER, B. K. Geopolítica da Amazônia. **Estudos Avançados**, v.19 (53), 2005.
- BARONA, E.; RAMANKUTTY, N.; HYMAN, G.; COOMES, O. T. The role of pasture and soybean in deforestation of the Brazilian Amazon. **Environmental Research Letters**, n. 5, 2010.
- CARNEIRO, J. G. A. Produção e controle de qualidade de mudas florestais. Curitiba: UFPR /FUPEF/Campos: UENF, p.451, 1995.
- CASTRO, E. Dinâmica socioeconômica e desmatamento na Amazônia. **Novos Cadernos NAEA**, Pará. v. 8, n.2, p. 5-39, 2005.
- CHEN, T. H. H.; MURATA, N. Glycine betaine: an effective protect ant against abiotic stress in plants. **Trends in Plant Science**, DOI: 10.1016/j.t plants. 2008.06.007. v.13, p.499-505, 2008.
- COSTA, M. F. Dicionário de Termos Médicos. Editora: **Porto Editora**, Coleção: DICIONARIOS TEMATICOS. p. 1584, 2012.
- DAVANSO-FABRO, V. M.; MEDRI, M. E.; BIANCHINI, E.; PIMENTA, J. A. Tolerância à inundação: aspectos da anatomia ecológica e do desenvolvimento da *Sesbania virgata* (CAV.) Pers.(Fabaceae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 41 n. 4, p. 475- 482, 1998.
- DAVIDSON, E. A.; ARAÚJO, A. C.; ARTAXO, P.; BALCH, J. K. ; BROWN, I. F.; BUSTAMANTE, M. M. C.; COE, M. T.; DEFRIES, R. S.; KELLER, M.; LONGO, M.; MUNGER, J. W.; SCHROEDER, W.; SOARES- FILHO, B. S.; SOUZA Jr., C. M.; WOFSY, S. C. **The Amazon basin in transition. Nature**, v. 481, p. 321-328, 2012.
- FRANCIS, J. K. *Ochroma pyramidale* Cav. Balsa. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, **Southern Forest Experiment Station**. P. 6, 1991.
- FEARNSIDE, P. M. Deforestation in Brazilian Amazonia: history, rates, and consequences. **Conservation Biology**, v.19, n.3, p. 680-688, 2005.
- FERREIRA, A. M. M.; SALATI, E. Forças de transformação do ecossistema amazônico. **Estudos Avançados**, v.19, n. 54. 2005.
- GUTSCHICK, V. P. Biotic and abiotic consequences of differences in leaf structure. **New Phytologist**, 143: p.3-18, 1999.
- GORAI, M., MARAGHNI, M. AND NEFFATI, M. The relationship between phenological traits and water potential patterns of the wild jujube *Ziziphus lótus* in southern Tunisia. **Plant Ecology & Diversity**. v.3, p.273-280, 2010.
- HSIAO, T.C. Plant responses to water stress. **Annual Review of Plant Physiology**, v.24, p.519-570, 1973. JOSÉ, A. C. **Utilização de mudas de espécies florestais produzidas em tubetes e sacos plásticos para revegetação de áreas degradadas**. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

LAMPRECHT, H. Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas e possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. Eschborn: Dt Ges. Fur Techn. Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, p.343, 1990.

LUDLOW, M. M.; MUCHOW, R. C. A critical evaluation of traits for improving crop yields in water-limited. *Advances in Agronomy*, v.43, p.107-153, 1990. LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. Tradução: Prado, C. H. B. A. São Carlos: Rima, 531 p. 2006.

LIU, C., LIU, Y., GUO, K., FAN, D., LI, G., ZHENG, Y., YU, L. AND YANG, R. Effect of drought on pigments, osmotic adjustment and antioxidant enzymes in six woody plant species in karst habitats of southwestern China, *Environmental and Experimental Botany*, n. 71, p. 174-183, 2011.

LISAR, S. Y. S.; MOTAFAKKERAZAD, R.; HOSSAIN, M. M., RAHMAN, I. M M. **Water stress in plants: Causes, effects and responses**. In: *Water Stress*, Edited by: Ismail M. M. Rahman and Hiroshi Hasegawa. 1-14 Rijeka, Croatia: In Tech, 2012.

MEDRI, M. E.; BIANCHINI, E.; PIMENTA, J. A.; COLLI, S.; MULLER, C. **Estudos sobre a tolerância ao alagamento em espécies arbóreas nativas da bacia do rio Tibagi**. In: MEDRI, M. E.; BIANCHINI, E.; SHIBATTA, O. A.; PIMENTA, J. A. (Ed.). *A bacia do Rio Tibagi*. Londrina: Edição dos editores, p. 133-172, 2002.

MALHI, Y. & PHILLIPS, O. L. Tropical forests and global atmospheric change: a synthesis. *Philosophical Transactions of the Royal society of London. Mathematical, physical and engineering sciences*. 359: p. 549-555, 2004.

MAHAJAN, S.; TUTEJA, N. Cold, salinity and drought stresses: An overview. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, 444, p.139-158, 2005.

MARENGO, J. A. On the hydrological cycle of the Amazon Basin: A historical review and current state-of-the-art. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n.3, p.1-19, 2006.

MALHI, Y.; ROBERTS, J. T.; BETTS, R. A.; KILLEEN, T. J.; LI, W.; NOBRE, C. A. Climate Change, Deforestation, and the Fate of the Amazon. *Science*, v. 319, p. 169-172, 2008.

MARAGHNI M.; GORAI M.; NEFFATI M. The Influence of Water-Deficit Stress on growth, water relations and solute accumulation in wild jujube (*Ziziphus lotus*). **Journal of Ornamental and Horticultural Plants**, 1(2): p.63-72, 2011.

NEPOMUCENO, A.L.; NEUMAIER, N.; FARIAS, J.R.B.; OYA, T. Tolerância à seca em plantas: mecanismos fisiológicos e moleculares. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**. v.23, p.12-18, 2001.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; SILVA, E. C. Comportamento estomático em plantas jovens de *Schinopsis brasiliensis* ENgl. cultivadas sob estresse hídrico. **IHERINGIA, Ser. Bot.**, Porto Alegre. v.57. n.1, p.31-38, 2002.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; ALBUQUERQUE, M. B.; SILVA, E. C. **Aspectos ecofisiológicos da tolerância a seca em plantas da caatinga**. In: NOGUEIRA, R. J. M. C.; ARAUJO, E. L.; WILLADINO, L. G.; CAVALCANTE, U. M. T. Estresses ambientais: danos e benefícios em plantas. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, p. 22-31, 2005.

NASCIMENTO, H. H. C do. **Mecanismos fisiológicos e bioquímicos em mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.), sob condições adversas.** 162 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) Federal Rural de Pernambuco Recife, 2013.

OSMOND, C. B.; BJORKMAN, O.; ANDERSON, J. Water movement and plant response to water stress. In: Ecological studies. Physiological process in plant ecology, towards a synthesis with. 1980.

OLIVEIRA JUNIOR, J. N.; DINIZ, M. B.; FERREIRA, R. T.; CASTELAR, I.; DINIZ, M. J. T. Análise da área desmatada municipal na Amazônia Brasileira no período 2000 – 2004: Uma abordagem com modelos não-lineares, *Economia Aplicada*, v. 14, n. 3, p. 395-411, 2010.

PIMENTA, J. A. **Estudo populacional de *Campomanesia xanthocarpa* O. Berg (Myrtaceae) no Parque Estadual Mata dos Godoy.** 150 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) Universidade Estadual de Campinas, Londrina, PR. 1998.

PAIVA, H. N.; VITAL, B. R. Escolha da espécie florestal. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 42p. 2003. (Cadernos Didáticos, 93). PIMENTEL, C. A relação da planta com a água. Seropédica, RJ: Edur. 191 p. 2004.

PAGTER, M.; BRAGATO, G.; BRIX, H. Tolerance and physiological responses of *Phragmites australis* to water deficit. **Aquatic Botany**. DOI: 10.1016/j. aquabot. 2005.01.002. v.81, p.285-299, 2005.

RIZZINI, C. T. Árvores e madeiras úteis do Brasil: manual de dendrologia brasileira. Rio de Janeiro: Edgar Blücher, 1978.

ROCHA, H. R.; GOULDEN, M. L.; MILLER, S. D.; MENTON, M. C.; PINTO, L. D. V. O.; FREITAS, H. C.; FIGUEIRA, A. M. S. Seasonality of water and heat fluxes over a tropical forest in eastern Amazonia. **Ecological Applications**, v. 14, n. 4, p. 22-32, 2004.

SUDACHKOVA, N. E.; MILYUTINA, I. L.; SEMENOVA, G. P. Influence of water deficit on contents of carbohydrates and nitrogenous compounds in *Pinus sylvestris* L. and *Larix sibirica* Ledeb. tissues. **Eurasian Journal of Forest Research**, v.4, p.1-11, 2002.

SZABADOS, L.; SAVOURE, A. Proline: a multifunctional amino acid. **Trends in Plant Science**.v.15, n.2, p. 89-97, 2010.

SILVA, E. C.; SILVA, M. F. A.; NOGUEIRA, R. J. M. C.; ALBUQUERQUE, M. B. Growth evaluation and water relations of *Erythrina velutina* seedlings in response to drought stress. **Brazilian Journal of Plant Physiology** (Impresso), v. 22, p. 225-233, 2010.

SOUZA, R. A.; MIZIARA, F.; MARCO Jr., P. Spatial variation of deforestation rates in the Brazilian Amazon: A complex theater for agrarian technology, agrarian structure and governance by surveillance. **Land Use Policy**, n. 30, p. 915-924, 2012.

VASQUEZ-YANES, C. Studies on the germination of seeds of *Ochroma lagopus* Sw. Turrialba, San José, v. 24, n. 2, p. 176-179, 1974.

XIONG, L.; SCHUMAKER K. S.; ZHU, J. K. Cell Signaling during Cold, Drought, and Salt Stress. **The Plant Cell**, Oxford, v. 14, p.165-183, 2002.

ZHU, J. K. Salt and drought stress signal transduction in plants. **Annual Review Plant Biology**, Oxford, v. 53, p. 247-272, 2002

CAPÍTULO 8

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA, MICROBIOLÓGICA E MORFOLÓGICA DA FÉCULA DA MANDIOCA (*MANIHOT ESCULENTA*) COMERCIALIZADA EM UM MERCADO SITUADO NA CIDADE DE BELÉM-PA

*PHYSICAL-CHEMICAL, MICROBIOLOGICAL AND MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF MANIOC STARCH (*MANHIOT ESCULENTA*) SOLD IN A MARKET LOCATED IN THE CITY OF BELEM-PA*

Rodrigo Corrêa Silva¹

Amanda Gentil Polizeli²

Larissa Fernandes da Cruz³

Jacqueline dos Santos Ferreira⁴

Leonardo Bricio Pamplona Gonçalves

Luciane do Socorro Nunes dos Santos Brasil

DOI: 10.46898/rfbe.9786558890225.8

¹ Universidade do Estado de Santa Catarina. <https://orcid.org/0000-0003-3713-0143> silvarodrigo640@gmail.com

² Universidade do Estado de Santa Catarina. <https://orcid.org/0000-0002-5188-6572> geentil@hotmail.com

³ Universidade do Estado de Santa Catarina. <https://orcid.org/0000-0003-1896-9605> larisf.ta@gmail.com

⁴ Universidade do Estado de Santa Catarina. <https://orcid.org/0000-0002-4042-812X> jacq.s.ferreira@gmail.com

RESUMO

A fécula de tapioca é o amido obtido do processo de extração aquosa da massa ralada de mandioca a partir de lavagem, descascamento, moagem, extração com água, separação das fibras e do material solúvel e secagem. Devido a suas características sensoriais neutras, é extremamente utilizada no preparo de formulações consumidas em refeições, entretanto, apresenta fatores que favorecem a contaminação microbiana, o que compromete sua qualidade comercial. Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade de vinte amostras de fécula de mandioca comercializada em um mercado de grande comercialização da cidade de Belém do Pará. A partir das análises, todas as amostras apresentaram umidade acima do permitido pela legislação ($<14\%$), as quais obtiveram valores entre 53,83% e 57,49%. Para análise de cinzas e fator ácido, todas as amostras encontraram-se com valores de acordo com os padrões exigidos. Para a análise de pH, 60% das amostras de fécula de mandioca apresentaram resultados que se diferenciam das literaturas pesquisadas. As análises microbiológicas realizadas mostraram a presença de *Salmonella ssp* em 55% das amostras. Em relação a coliformes totais e termotolerantes, 30% das amostras não se encontraram de acordo com a legislação. Em detrimento dos resultados, maiores cuidados devem ser tomados em relação a colheita, transporte, armazenamento e manipulação dos subprodutos da mandioca, principalmente a fécula, com melhorias no que concerne as Boas Práticas.

Palavras-chave: *Manihot esculenta*. Fécula. Microscopia. Propriedades.

ABSTRACT

The tapioca starch is the starch obtained from the aqueous extraction process of the grated manioc paste from washing, peeling, grinding, extraction with water, separation of fibers and soluble material and drying. Due to its neutral sensory characteristics, it is extremely used in the preparation of formulations consumed at meals, however, it presents factors that favor microbial contamination, which compromises its commercial quality. In view of this, this work aimed to evaluate the quality of twenty samples of manioc starch sold in a large commercial market in the city of Belém of Pará. From the analysis, all samples showed humidity above that allowed by the legislation ($<14\%$), which obtained values between 53.83% and 57.49%. For ash and acid factor analysis, all samples met values according to the required standards. For the pH analysis, 60% of the manioc starch samples showed results that differ from the researched literature. The microbiological analyzes carried out showed the presence of *Salmonella ssp* in 55% of the samples. Regarding total and thermotolerant coliforms, 30% of the samples weren't in accordance with the legislation. In detriment to the re-

sults, greater care must be taken in relation to harvesting, transportation, storage and handling of manioc by-products, mainly starch, with improvements in Good Practices.

Keywords: *Manihot esculenta*. Starch. Microscopy. Properties.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2017 a produção brasileira da mandioca foi de cerca de 25 milhões de toneladas, sendo a região Norte a responsável pela maior produção, girando em torno de 8,3 milhões de toneladas, onde o estado do Pará foi o principal produtor, representando 25% da produção total brasileira.

É uma excelente fonte de amido para a indústria de alimentícia, destacando-se no cenário nacional e internacional. O Brasil é um dos principais países produtores e a sua maior contribuição destina-se a fabricação de farinha, sendo o restante utilizado na alimentação humana, animal e na obtenção da fécula (SILVA et al, 2013; SILVA, 2011).

A fécula de mandioca, foco deste estudo, é o amido obtido do processo de extração aquosa da massa ralada a partir de lavagem, descascamento das raízes, moagem, extração com água, separação das fibras e do material solúvel e secagem. Apresenta como características 15% de umidade, 3% de acidez, 1,5% de cinzas e amido variando entre 70 e 75% (SILVA et al, 2013; DÓSEA et al, 2010).

Há uma preferência do consumidor por feiras livres, devido à crença de que os alimentos ali comercializados são sempre frescos e de qualidade superior. Entretanto, vale ressaltar que nas feiras livres, inclusive nas de produtos orgânicos, os alimentos estão expostos a várias situações que propiciam a sua contaminação, das quais podem ser citadas: a contaminação por meio do manipulador quando o mesmo não adota práticas adequadas de manipulação; exposição do alimento para venda, bem como o seu acondicionamento e armazenamento em condições inapropriadas (FRANÇA et al, 2014).

Neste sentido, sabe-se que o produto pode sofrer impactos relevantes no aspecto higiênico-sanitário, comprometendo a qualidade microbiológica, físico-química e sensorial do produto final. Em detrimento disso, o objetivo desta pesquisa foi analisar a qualidade físico-química, microbiológica e morfológica de 20 amostras da fécula de mandioca visando verificar se as mesmas se encontravam dentro dos padrões legais estabelecidos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

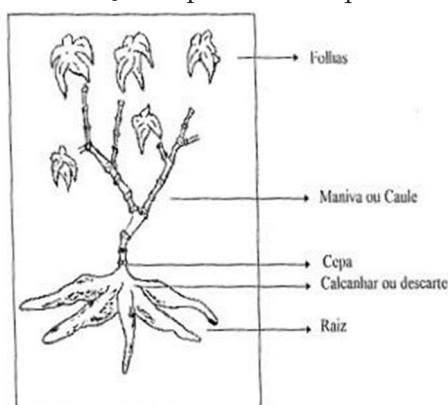
2.1 Generalidades sobre a mandioca e seu subproduto fécula de mandioca

A mandioca é uma planta da família Euphorbiaceae, segundo Moraes-Dellaqua e Coral (2002), a raiz adventícia dessa planta apresenta o padrão anatômico normal de desenvolvimento até o início do processo de tuberização, estabelecendo-se uma diferenciação maior de células parenquimáticas do xilema para o acúmulo de grãos de amido.

É uma planta heliófila, perene, tolerante a seca e possui ampla adaptação às mais variadas condições de clima e solo. A parte mais utilizada da planta é a raiz tuberosa, rica em amido, usada na alimentação humana e de animais ou como matéria-prima para diversas indústrias (CEREDA, VILPOUX E TAKAHASHI, 2003).

Segundo Partelli et al. (2010), os frutos e sementes são denominadas cápsulas deiscentes triloculares. As ramas podem ser eretas (uma haste), dicotômicas (formação de duas hastes), tricotômicas (três hastes) e tetracotômicas (quatro hastes), assim como mostra a figura 1.

Figura 1 - Ilustração esquemática da planta da mandioca.



Fonte: Partelli et al (2010).

Um dos aspectos mais significativos da planta é a presença de dois glicosídeos cianogênicos: a linamarina (93%) e a lotaustralina (7%) que, sob determinadas condições, como a ruptura celular da raiz e pH ácido, podem se transformar em ácido cianídrico (NIBA et al, 2001; ARYEE et al, 2006).

A percepção desse fenômeno fez com que tradicionalmente no Brasil se fizesse uma distinção entre tipos diferentes de mandioca. No Norte e no Nordeste do país, as plantas recebem popularmente nomenclaturas diferenciadas, herdadas de denominações indígenas: as doces, com baixo teor de linamarina, são chamadas de macaxeira, ou aipim; e as bravas, que apresentam mais de 100 miligramas de linamarina por qui-

lo, são conhecidas como mandiocas. Nas demais regiões prevalecem, no uso popular, indistintamente as denominações mandioca e aipim (SCHWENGBER, SMIDERLE E MATTIONI, 2005; SOUZA et al, 2008).

Para a Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca (ABAM), o amido de mandioca, também conhecido como fécula ou polvilho doce, é um pó fino, branco, sem cheiro e sem sabor, que produz ligeira crepitação quando comprimido entre os dedos. O produto é extremamente versátil, sendo habitualmente utilizado como componente nos mais variados segmentos domésticos e industriais (ABAM, 2010).

A Legislação Brasileira define amido como a fração amilácea encontrada nos órgãos aéreos, tais como grãos e frutos, e fécula como a fração amilácea encontrada nas raízes e tubérculos (BRASIL, 2005). A diferença de denominação indica uma diferença, não de composição química, mas de origem do produto amiláceo, além de uma forte diferenciação funcional e tecnológica (CARDOSO, 2005).

A fécula de mandioca é a forma mais ampla de aproveitamento industrial da mandioca; é um produto muito valorizado, podendo ser empregado como matéria-prima para processamento de outros alimentos, com a finalidade de aumentar o valor agregado dos produtos e, conseqüentemente, elevar a renda dos setores envolvidos (CARVALHO et al, 2010 E SILVA, 2011).

A fécula de mandioca é constituída, em média, por 18% de amilose e 82% de amilopectina (CEREDA et al, 2001). A faixa de temperatura de gelatinização do amido de milho é 75-80°C, enquanto para a fécula de batata é de 60-65°C e para a fécula de mandioca é de 65-70°C (ARIAS, 2000). Essa propriedade permite que, em processos no qual o amido seja substituído pela fécula, os processos térmicos ocorram em temperaturas mais baixas.

De acordo com Cereda (2008) as plantas amiláceas tuberosas têm composição em que predominam os carboidratos e entre estes o amido. O amido é classificado como um carboidrato complexo formado de resíduos de glicose, unidos em sua maioria por ligações glicosídicas α -1,4 além de α -1,6. Esse arranjo define os dois polímeros do amido, α -amilose e α - amilopectina. Na amilose há somente as ligações do tipo α -1-4 enquanto que a amilopectina, com peso molecular maior, é composta de ligações glicosídicas do tipo α - 1-4 e α -1-6.

O rendimento do processo de transformação da mandioca em fécula depende muito do porte da empresa e da tecnologia empregada. Pode ser realizado em escala artesanal ou semi-industrial (CARDOSO, 2005).

2.2 Legislações sobre fécula de mandioca vigentes no Brasil

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), aprovou o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade dos Produtos Amiláceos Derivados da Raiz de Mandioca, através da Instrução Normativa nº 23, de 14 de Dezembro de 2005 (BRASIL, 2005). Essa legislação estabelece os limites de tolerância para os produtos amiláceos derivados da raiz de mandioca e enquadra-os em grupo, subgrupo e tipo, respectivamente, como é apresentado a seguir:

- Grupos: de acordo com a tecnologia de fabricação utilizada, o produto amiláceo é classificado em 2 (dois) grupos:
- Grupo I – Fécula Grupo II – Tapioca
- O grupo II apresenta dois subgrupos de acordo com forma dos grânulos, que são eles:

- Tapioca Granulada – Tapioca “Flakesgranulated” (flocos granulados): é o produto sob forma de grânulos, poliédricos irregulares, de diversos tamanhos.

- Tapioca perola ou sagu artificial – “Pearl” (pérola) tapioca: é o produto sob forma de grânulos esféricos irregulares, de diversos tamanhos.

Os produtos amiláceos derivados da raiz de mandioca do Grupo I são classificados em 3 (três) Tipos e os do Grupo II em 2 (dois) Tipos, de acordo com a sua qualidade, em função dos parâmetros e respectivos limites de tolerância estabelecidos na Tabela 1.

Tabela 1 - Limites de tolerância para os produtos amiláceos derivados da raiz da mandioca.

Grupos	II – Tapioca						
	I - Fécula			Granulada			
	Subgrupos			Pérola ou Sagu artificial			
Tipos	1	2	3	1	2	1	2
Fator Ácido (mL)	4,00	4,50	5,00	*	*	*	*
pH	4,5-6,5	4,5-6,5	4,0-7,0	*	*	*	*
Amido (%)	>84,00	>82,00	>80,00	*	*	*	*
Cinzas (%)	<0,20	<0,25	<0,75	<0,20	<0,50	<0,20	<0,50
Vazamento (%)	0,105	0,105	0,105	*	*	*	*
Abertura (mm)	99,00	98,00	97,00				
Ponto Rompimento	>58°<66°	>58°<66°	>58°<66°	*	*	*	*
Umidade (%)	<14,00	<14,00	<14,00	<15,00	<15,00	<15,00	<15,00
Matéria estranha ou impurezas (%)	Isento	Isento	Isento	Isento	Isento	Isento	Isento
Polpa (mL)	0,50	1,00	1,50	*	*	*	*
Odor	Peculiar			Peculiar			

Legenda: *Não se aplica
Fonte: Brasil (2005).

A Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária no uso da atribuição que lhe confere o art. 11, inciso IV, do Regulamento da ANVISA aprovado pelo Decreto 3029, de 16 de abril de 1999, em reunião realizada em 20 de dezembro de 2000, aprova o Regulamento Técnico Sobre Padrões Microbiológicos Para Alimentos (BRASIL, 2001). Essa resolução estabelece os Padrões Microbiológicos Sanitários para Alimentos Destinados ao Consumo Humano, os quais são apresentados na tabela a seguir:

Tabela 2 - Padrões microbiológicos sanitários para alimentos destinados ao consumo humano.

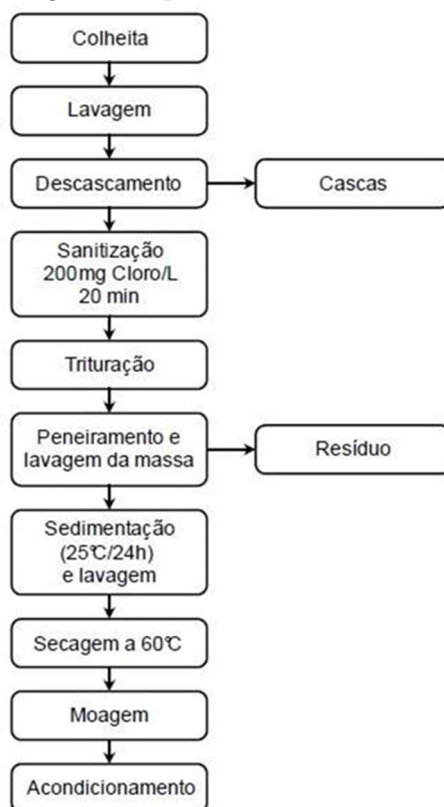
FARINHAS, MASSAS ALIMENTÍCIAS, PRODUTOS PARA PANIFICAÇÃO, (INDUSTRIALIZADOS E EMBALADOS) E SIMILARES		
GRUPO DE ALIMENTOS	MICROORGANISMO	TOLERÂNCIA PARA AMOSTRA INDICATIVA
a) amidos, farinhas, féculas e fubá, em pó ou flocados	<i>B.cereus</i> /g	3x10 ³
	Coliformes a 45°C/g	10 ²
	<i>Salmonellasp</i> /25g	Aus

Fonte: Brasil, 2001.

2.3 Processos de obtenção da fécula de mandioca

O processo de produção de goma é realizado na denominada casa de farinha e ou casa de goma. A diferença entre casa de farinha e casa de goma está nos equipamentos que a compõe. Em geral a casa de farinha é equipada com alguns instrumentos básicos como raladeira elétrica (motor de cevar), caixa de prensa ou prensa, tipiti peneira de massa e forno de lenha, (AGUIAR et al, 2011). Já a casa de goma não possui o forno a lenha, mas possui todos os outros equipamentos da casa de farinha.

Na obtenção das féculas de mandioca toma-se como base a metodologia sugerida por técnicos da EMATER (2004), cujas etapas são descritas na figura a seguir:

Figura 2 - Fluxograma de processamento das féculas de mandioca.

Fonte: adaptado de Silva, p. (2011).

3 METODOLOGIA

Foram adquiridas na forma de consumidor 20 amostras de fécula da mandioca (*M. esculenta*), no período do mês de março, em um mercado de grande comercialização e veiculação de pessoas, levadas posteriormente ao laboratório de química e análise de alimentos da Universidade do Estado do Pará – Campus V.

As análises físico-químicas (umidade e cinzas) e microbiológicas (Coliformes 45°C e 35°C, *Salmonella spp.*) foram realizadas em triplicata segundo metodologias da Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2011) e Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Já as determinações do pH e fator ácido foram realizadas segundo a metodologia descrita pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/MAPA (2013).

As análises físico-químicas, exigidas na Instrução Normativa nº 23, de 14 de dezembro de 2005 (BRASIL, 2005), foram realizadas nos Laboratório de Química e de Alimentos da UEPA.

As análises microbiológicas foram realizadas no laboratório de microbiologia da UEPA, de acordo com a RDC 12, de 01 de janeiro de 2001 (BRASIL, 2001).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 3 são apresentados os resultados das análises de caracterização físico-química. Os valores obtidos foram comparados aos exigidos pela legislação vigente e aos encontrados em outros estudos.

Tabela 3 - Composição físico-química da fécula de mandioca.

ANÁLISES				
AMOSTRA	UMIDADE (%)	CINZAS (%)	pH	FATOR ÁCIDO (mL)
A1	56,19 ± 0,22	0,049 ± 0,013	8,06 ± 0,09	2,11 ± 0,36
A2	56,54 ± 0,12	0,029 ± 0,014	7,08 ± 0,03	1,85 ± 0,20
A3	55,42 ± 0,17	0,049 ± 0,010	6,79 ± 0,10	1,78 ± 0,59
A4	56,70 ± 0,07	0,009 ± 0,000	7,40 ± 0,84	1,39 ± 0,07
A5	56,30 ± 0,16	0,089 ± 0,014	5,52 ± 0,84	1,08 ± 0,07
A6	56,19 ± 0,46	0,099 ± 0,000	4,11 ± 0,26	1,18 ± 0,07
A7	57,49 ± 0,27	0,074 ± 0,007	3,31 ± 0,00	0,66 ± 0,00
A8	55,89 ± 0,04	0,029 ± 0,014	5,82 ± 1,05	1,23 ± 0,00
A9	54,99 ± 0,37	0,029 ± 0,000	3,44 ± 0,03	1,15 ± 0,07
A10	53,83 ± 0,48	0,044 ± 0,020	4,13 ± 0,24	1,15 ± 0,07
A11	56,84 ± 0,03	0,089 ± 0,014	3,37 ± 0,02	1,00 ± 0,00
A12	56,65 ± 0,75	0,163 ± 0,130	4,62 ± 0,01	1,10 ± 0,00
A13	56,05 ± 0,00	0,069 ± 0,014	5,05 ± 0,07	2,05 ± 0,07
A14	57,13 ± 0,02	0,059 ± 0,000	4,24 ± 0,14	1,10 ± 0,14
A15	56,17 ± 0,08	0,034 ± 0,007	7,73 ± 0,12	2,31 ± 0,21
A16	55,52 ± 0,04	0,029 ± 0,000	7,52 ± 0,00	1,54 ± 0,00
A17	56,31 ± 0,11	0,129 ± 0,013	4,01 ± 0,12	0,87 ± 0,07
A18	57,24 ± 0,05	0,109 ± 0,000	6,68 ± 0,03	1,08 ± 0,21
A19	56,64 ± 0,05	0,142 ± 0,015	4,91 ± 0,07	1,65 ± 0,07
A20	56,18 ± 0,12	0,149 ± 0,027	5,25 ± 0,02	2,10 ± 0,14

Fonte: AUTORES (2019).

Em relação ao teor de umidade todas as amostras apresentaram valores que variaram entre 53,83-57,49%, maiores do que o exigido pela legislação, que é no máximo 14% e maiores, também, quando comparados com estudos de Vieira et al. (2010) com média 13,53%; Starling (2010), 11,95%; Fiorda (2013), 12,65%; Vieira et al. (2010), 13,99%.

Os altos teores de umidade nas amostras de fécula analisadas são um fator desfavorável, pois isso aumenta a possibilidade de ocorrer a fermentação e o crescimento de micro-organismos indesejáveis. Alguns dos possíveis motivos para esse alto valor podem estar associados à colheita prematura, transporte e armazenamento incorreto dessas féculas.

Quanto ao teor de cinzas, todas as mostras encontraram-se dentro dos valores exigidos pela legislação ($\leq 0,20$ g/100 g), as quais variaram de 0,009-0,163%, e estão de acordo com valores encontrados em estudos de Starling (2010), de 0,05%; Fiorda

(2013), 0,12% e Vieira (2010), 0,11%. A partir do resultado do teor de cinzas é possível identificar a qualidade ou se houve alguma irregularidade nas féculas durante seu processamento. Ele também indica a quantidade de minerais presentes na fécula.

Os resultados obtidos nas análises de pH mostraram que 60% das amostras apresentaram-se com valores fora do intervalo preconizado na legislação (4,5-7,0). As amostras que estão de acordo com a legislação apresentaram resultados semelhantes aos encontrados em estudos de Starling (2010), que foi de 5,48 e Silva (2012), 6,06.

Em relação ao fator ácido, pôde-se observar que todas as amostras apresentaram valores dentro do exigido pela legislação ($\leq 4,00$ mL). Os resultados encontrados apresentaram valores próximos quando comparados com Santana et al. (2014).

Na Tabela 4 estão expressos os resultados obtidos das análises de microbiologia. Os dados foram comparados aos preconizados pela legislação vigente e demais literaturas.

Tabela 4 - Resultados das análises microbiológicas da fécula comercializada em um mercado da cidade de Belém.

AMOSTRA	COLIFORMES	SALMONELLA
	A 45°C (NMP/g)	SPP. (25g)
A1	3,6	Presença
A2	93	Presença
A3	>1.100	Presença
A4	< 3	Presença
A5	> 1.100	Presença
A6	< 3	Ausência
A7	11	Ausência
A8	>1.100	Presença
A9	>1.100	Ausência
A10	< 3	Presença
A11	6,2	Ausência
A12	43	Ausência
A13	< 3	Presença
A14	< 3	Presença
A15	11	Ausência
A16	< 3	Presença
A17	>1.100	Ausência
A18	>1.100	Presença
A19	3	Ausência
A20	< 3	Ausência

Fonte: AUTORES (2019).

Foi verificada a presença de *Salmonella* spp. em 25g em 55% das amostras, as quais não estão de acordo com a legislação, o que torna o alimento inseguro, pois sua

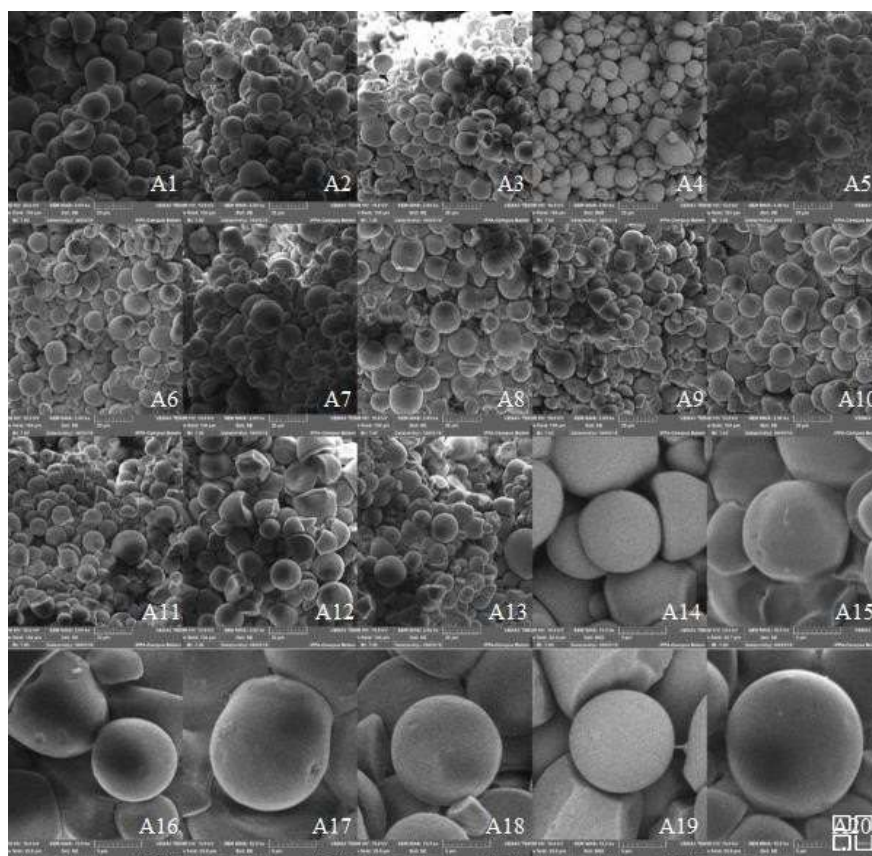
presença pode provocar desde a febre tifóide até gastroenterite (SHINOHARA et al, 2008).

Já para a análise de coliformes, foi verificada a presença de contaminação pelo microrganismo em 30% das amostras, as quais tornaram impróprias para o consumo. Shinohara et al. (2018) também encontrou resultados parecidos. A presença de coliformes totais e termotolerantes devem-se, provavelmente, ao excesso de manuseio dos manipuladores sem o uso EPI'S (Equipamento de Proteção Individual) e à exposição do produto durante o processamento (DÓSEA et al, 2010).

Cereda e Vilpoux (2003) explicam que o tamanho e a forma do grânulo de amido estão entre os fatores importantes utilizados para estabelecer os usos potenciais dos amidos. Grânulos pequenos ($2,0\ \mu\text{m}$), por exemplo, podem ser usados como substitutos de gordura devido ao tamanho ser semelhante ao dos micélios de lipídeos.

As seguintes figuras representam as estruturas morfológicas dos grânulos das amostras estudadas, nota-se que todas apresentaram semelhanças em relação a sua origem morfológica, com aspectos arredondados e levemente achatados. Sendo que alguns grânulos conferiram depressões em sua superfície, formando um aspecto irregular e truncado.

Figura 3 - Eletromicrografias das 20 amostras de fécula da mandioca.



Fonte: AUTORES (2019).

Cereda (2002) explica que o reconhecimento da origem botânica do amido, através de microscopia é importante porque possibilita mesmo a pessoas com pouca especialização, a descoberta de fraudes em partidas de amido, ocasionadas por mistura indevida de produtos amiláceos de diferentes origens botânicas.

O aspecto alterado da superfície dos grânulos de amido de mandioca, com perfurações e rachaduras, comprova o efeito do ataque das amilases, as quais se assemelham com o estudo realizado por Cereda (1995).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o estudo realizado, conclui-se que todas as amostras se encontraram em desacordo com a instrução normativa nº 23, de dezembro de 2005 em relação às análises físico-químicas, as quais evidenciaram possíveis falhas no processo da colheita, obtenção, armazenamento e manipulação do subproduto em questão, tornando-se, assim, impróprio para o beneficiamento das preparações culinárias e consumo.

É importante ressaltar que dentre as análises físico-químicas realizadas, a umidade das amostras foi responsável pela maior discrepância quando comparada com a legislação vigente, onde a mesma apresentou valores de até três vezes mais do que o permitido.

Já para as análises microbiológicas, foi detectado um alto teor de contaminação das amostras, tanto para os microrganismos *Salmonella spp.* como para coliformes fecais e termotolerantes. Transfigurando-se, assim, como um risco a população, pela possível ocorrência de transmissão de DTA'S (Doenças transmitidas por alimentos). Esse fator pode ser correlacionado com a possível falta de higiene por parte dos manipuladores no momento da obtenção e venda do produto.

Em relação a morfologia das féculas de mandioca, foi possível a caracterização das mesmas, onde pôde-se evidenciar semelhanças morfológicas entre si. Diante do exposto, é importante salientar a necessidade de maiores cuidados nos processos para obtenção do produto, principalmente em relação à colheita, transporte, armazenamento e manipulação dos subprodutos da mandioca, dentre eles a fécula, com melhorias no que concernem as Boas Práticas.

REFERÊNCIAS

ABAM – Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca. Derivados. **Servidor de arquivos**. 2019. Disponível em: <www.abam.com.br>. Acesso: 10 jan. 2019.

AGUIAR, Janaina de; SOUSA, Marília de Jesus da Silva e; FRAXE, Therezinha de Jesus Pinto; PEREIRA, Henrique dos Santos. Objetos artesanais no contexto da produção da

farinha de mandioca: bens e saberes materiais e imateriais do mundorural amazônico. (p. 335 a 374) In: FRAXE, Therezinha de Jesus Pinto, Org.; WITKOSKI, Antônio Carlos, Org.; PEREIRA, Henrique dos santos, Org. **Amazônia:cultura material e imaterial**. São Paulo: Annablume; Manaus: UFA, 2011. 380 p.

AOAC- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **International Official Methods of Analysis of AOAC International**. 18. ed. 4 rev. Gaithersburg: AOAC, 2011.

ARIAS, L.V.B. Fécula de mandioca e polvilho azedo para fabricação de pão de queijo. In: PIZZINATTO, A; ORMENESE, R.C.S.S. **Seminário pão de queijo: ingredientes, formulação e processo**. Campinas: Governo do estado de São Paulo/ Secretaria de Agricultura e Abastecimento/ Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios/ Instituto de Tecnologia de Alimentos/ Centro de Tecnologia de Cereais e Chocolate, 2000. p.1-14.

ARYEE, F. N. A.; ODURO, I.; W.O. ELLIS, W. O.; AFUAKWA, J. J. The physicochemical properties of xour samples from the roots of 31 varieties of cassava. **FoodControl**, Amsterdam, v. 17, n. 11, p. 916-922, 2006.

BRASIL, L. S. N. S. **Esquema de análises microbiológicas de Coliformes a 45°C e 35°C**. Roteiro de aulas práticas de Microbiologia de Alimentos. Belém: Centro Universitário de Pará, 2008.

BRASIL, L. S. N. S. **Esquema de análises microbiológicas de Salmonella spp. Roteiro de aulas práticas de Microbiologia de Alimentos**. Belém: Centro Universitário de Pará, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa nº 23, de 14 de dezembro de 2005. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade dos Produtos Amiláceos derivados da raiz da mandioca. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília p.5, dez. 2005. Seção 1.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução RDC nº12, de 02/01/2001, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, 10 jan. 2001. Seção I, p. 45-53.

CARDOSO, E. **Uso de manipueira como biofertilizante no cultivo do milho: avaliação do efeito no solo, nas águas subterrâneas e na produtividade do milho**. 2005. 35 f. Dissertação (Ciências Ambientais) – Universidade do Extremo Sul Catarinense. Criciúma, 2005.

CARVALHO, A V.; VASCONCELOS, M. A M. DE; SILVA, P. A; ASSIS, G. T.; ASCHERI, J. L. R Caracterização tecnológica de extrusado de terceira geração à base de farinhas de mandioca e pupunha. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras,v. 34, n. 4, p. 995-1003,2010.

CEREDA, M. P. Brazilian fermented cassava starch: a low cost acidic starch with modified functional properties. **Science**, v. 13, n. 1, p. 43-49, 1995.

CEREDA, M. P.; FRANCO, C. M. L.; DAIUTO, E. R.. **Propriedades gerais do amido**. [S.l: s.n.], 2001.

CEREDA, M. P. **Cultura de Tuberosas amiláceas Latino Americanas**, São Paulo: Fundação Cargill, v.1, p. 203, 2002.

CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. Polvilho azedo, critérios de qualidade para uso em produtos alimentares. In: CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. **Tecnologia, Usos e Potencialidades de Tuberosas Amiláceas Sul Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, v. 3, Cap. 13, p. 333-354, 2003.

CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F.; TAKAHASHI, M. Balança hidrostática como forma de avaliação do teor de massa seca e amido. In: CEREDA, M.P.; VILPOUX, O.F. **Tecnologia, Usos e Potencialidades de Tuberosas Amiláceas Sul Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, v. 3, Cap. 2, p. 30-46, 2003.

CEREDA, M. P. **Tuberosas e a produção de agroenergia**– Centro de Tecnologia e Análise do Agronegócio, Universidade Católica Don Bosco, Anais do CONBIEN Uberlândia, M.G, Brasil, 2008.

DÓSEA, R. R.; MARCELLINI, P.S.; SANTOS, A. A.; RAMOS, A. L. D.; LIMA, A. S. (2010). Qualidade microbiológica na obtenção de farinha e fécula de mandioca em unidades tradicionais e modelo. **Ciência Rural**, 40(2), 441-446.

EMATER – **Processamento Artesanal da Mandioca** – on-line (2004). Disponível em:<<http://www.emater.mg.gov.br/doc/site/serevicoseprodutos/livraria/AgroindC3%BAstria/processamento%20artesanal%20da%20mandioca%20%20fabrica%C3%A7%C3%A3o%20do%20polvilho.pdf>>. Acesso em: 17 jun. 2019.

EMBRAPA – **Mandioca: o pão do Brasil = Manioc, lepain du Brésil**. Brasília: Embrapa, 2005. 530p.

FIORDA, F. et al. Farinha de bagaço de mandioca: aproveitamento de subproduto e comparação com fécula de mandioca. **Pesq. Agropec. Trop.**, Goiânia, v. 43, n. 4, p. 408-416, out./dez. 2013.

FRANÇA, BR; BONNAS, DS; SILVA, CM. O. **Qualidade higiênico sanitária de alfaces (*Lactuca sativa*) comercializadas em feiras livres na cidade de Uberlândia, MG, Brasil**. BioscienceJournal, v.30, n.1, p.458-466, 2014.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. 4ª ed. (1ª Edição digital), 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levant. Sistem. Prod. Agríc.** Rio de Janeiro v.30 n.1 p.1-81 janeiro. 2017.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Determinação do pH e Fator Ácido em Produtos Amiláceos derivados da Raiz de Mandioca**. 2013.

MORAES-DALLAQUA, M. A. de; CORAL, D.J. Morfo – anatomia. In: CEREDA, M. P. (Coord). **Agricultura: tuberosas amiláceas latino-americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002. v.2. 540p. (Culturas de tuberosas amiláceas latino-americanas).

NIBA, L. L.; BOKANGA, M. M.; JACKSON, F. L.; SCHLIMME, D. S.; LI, B. W. Physico-chemical properties and starch granular characteristics of flour from various Manihot

- Esculenta (Cassava) genotypes. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 67, n. 5, p. 1701-1705, 2001.
- OLIVEIRA, M. A.; PANTAROTO, S.; CEREDA, M. P. Efeito da Sanitização e de Agente Antioxidante em Raízes de Mandioca Minimamente Processadas. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 6, n. 2, p. 339-344, 2003.
- PARTELLI, F. L.; TAKEUCHI, K. P.; NAVES, R. V.; CHAVES, L. J. **Frutas do Cerrado: Alternativa sustentável**. A Lavoura, Rio de Janeiro, v. 113, p. 12-15, 2010.
- SANTANA, H. M.; FIUZA, A. U. R.; SILVA, J. F. M.; SILVA, L. A. O.; SILVA, M. C. S. M.; OLIVEIRA, L. A.; JESUS, J. L.; OLIVEIRA, E. J. Caracterização do amido de acessos de mandioca. **8ª Jornada Científica – Embrapa Mandioca e Fruticultura**. 2014.
- SCHWENGBER, D. R.; SMIDERLE, O. J.; MATTIONI, J. A. M. **Mandioca: recomendações para plantio em Roraima**. Boa Vista, RO: Embrapa Roraima, (Circular Técnica, 5), 2005. 30p.
- SILVA, P. et al. Obtenção e caracterização das féculas de três variedades de mandioca produzidas no estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 9, 2012. Búzios. **Anais... Búzios: COBEQ**, 2012.
- SILVA, P. A. **Estudo do Processamento e da Qualidade Física, Físico-Química e Sensorial da Farinha de Tapioca**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos – Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2011.
- SILVA, P. A.; CUNHA, R. L.; LOPES, A. S.; PENA, R. S. (2013). Caracterização de farinhas de tapioca produzidas no estado do Pará. **Ciência Rural**, 43(1), 185-191.
- SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A.; TANIWAKI, M.H.; SANTOS, R.F.S.; GOMES, R.A.R. (2007). **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos** (3. ed.). São Paulo: Ed. Varela.
- SHINOHARA, N.K.S.; PADILHA, M. R. F.; MACEDO, I. M. E.; NASCIMENTO, K. C. B. L.; CAMPOS, M. V. N.; CAMPOS, C. A. C. M. Análise microbiológica em goma de mandioca industrializada. **Journal of Environmental Analysis and Progress**. V. 03 N. 02 (2018) 226-231. 2018.
- SHINOHARA, N.K.S.; BARROS, V. B.; JIMENEZ, S. M. C.; MACHADO, E. C. L.; DUTRA, R. A. F.; FILHO, J. L. L. Salmonella spp., importante agente patogênico veiculado em alimentos. **Cadernos de Saúde Pública**, São Paulo, v.13, n.5, p.1675- 1683, 2008.
- STARLING, C. **Otimização dos parâmetros de produção do amido de mandioca fermentado**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2010.
- SOUZA, J. M. L.; ÁLVARES, V. S.; LEITE, F. M. N.; REIS, F. S.; FELISBERTO, F. A. V. Caracterização físico-química de farinhas oriundas de variedades de mandioca utilizadas no Vale do Juruá, Acre. **ACTA Amazônica**, Manaus, v. 38, n. 4, p. 761- 766, 2008.

VIEIRA, J. C; MONTENGRO, F. M; LOPES, A. S; PENA, R. S. Influência da adição de fécula de mandioca nas características do pão tipo chá. **B.CEPPA**, Curitiba, v. 28, n. 1, p. 37-48, jan./jun. 2010.

VIEIRA, J. C; MONTENGRO, F. M; LOPES, A. S; PENA, R. S. Qualidade física e sensorial de biscoitos doces com fécula de mandioca. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.12, p.2574-2579, dez, 2010.

CAPÍTULO 9

UMA ABORDAGEM SOBRE A CULTURA DO MILHO, OS METAIS PESADOS E A TOLERÂNCIA DAS PLANTAS

AN APPROACH TO CORN CULTURE, THE HEAVY METALS AND PLANT TOLERANCE

*Ana Ecídia de Araújo Brito¹
Victória Caroline do Moraes Gatti²
Keila Beatriz Silva Teixeira³
Jessica Suellen Silva Teixeira⁴
Priscilla Andrade Silva⁵
Ricardo Shigueru Okumura⁶
Cândido Ferreira de Oliveira Neto⁷*

DOI: 10.46898/rfbe.9786558890225.9

¹ Universidade Federal Rural da Amazônia. <http://orcid.org/0000-0002-6927-0346>. ecidiabrito@hotmail.com
² Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0002-7400-1685>. victoriagatti.agro@gmail.com
³ Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0001-6458-6619>. keilateixeiraagro@gmail.com
⁴ Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0001-9004-6894>. jessicassteixeira27@gmail.com
⁵ Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0002-2774-3192>. prisciandra@yahoo.com.br
⁶ Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0002-5079-3980>. ricardo.okumura@ufra.edu.br
⁷ Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0002-6070-0549>. candido.neto@ufra.edu.br

RESUMO

A importância econômica do milho sempre existiu, porém, essa necessidade de produzir cada vez mais trouxe discussões e pesquisas importantes sobre o uso e aplicação de insumos para o crescimento vertiginoso dessa cultura. No entanto, como consequência a presença de metais pesados também aumentou consideravelmente, metais pesados como o cobre. O cobre por sua vez, tem alta responsabilidade e impacto sobre a contaminação das plantas, provocando diversas reações prejudiciais ao seu desenvolvimento, como induzir a deficiência de outros nutrientes e prejudicar o desenvolvimento das raízes das plantas. Apesar do estresse causado, as plantas possuem diversos mecanismos que aumentam sua tolerância a metais pesados. Um dos métodos para que essa tolerância seja eficaz, é o uso de óxido nítrico, que atua como importante agente de controle de estresse, mediante a sua concentração local.

Palavras-chave: Contaminação. Cobre. Óxido nítrico. Controle de estresse.

ABSTRACT

The economic importance of corn has always existed, however, this need to produce more and more has brought important discussions and research on the use and application of inputs for the dizzying growth of this crop. However, as a consequence the presence of heavy metals has also increased considerably, heavy metals such as copper. Copper, in turn, has a high responsibility and impact on the contamination of plants, causing several harmful reactions to its development, such as inducing the deficiency of other nutrients and harming the development of plant roots. Despite the stress caused, plants have several mechanisms that increase their tolerance to heavy metals. One of the methods for this tolerance to be effective is the use of nitric oxide, which acts as an important stress control agent, through its local concentration.

Keywords: Contamination. Copper. Nitric oxide. Stress control.

1 INTRODUÇÃO

No decorrer das últimas décadas, o milho alcançou o patamar de maior cultura agrícola do mundo, com relevância no aspecto de segurança alimentar, na alimentação humana e, principalmente, animal (MIRANDA, 2018). Para a safra 2020/21, a produção total esperada é de 105,2 milhões de toneladas, aumento de 2,6% em relação à safra anterior. Para as importações, é mantido um valor de 900 mil toneladas para a safra 2020/21 (CONAB, 2020). Com o crescente aumento pela busca dessa cultura, a necessidade de ampliar essa produção tornou-se ainda maior, influenciando diretamente na quantidade de insumos e teores de metais pesados no solo.

Entre os metais pesados que em decorrência dessa prática de aumento de insumos, pode atuar de maneira prejudicial, está o cobre (Cu). Podemos citar como principais fontes de contaminação por cobre as atividades de mineração e fundição e o uso de fertilizantes e fungicidas utilizados na agricultura (BASSO; KIANG, 2017).

Em estudos na regulação da resposta das plantas a contaminantes ambientais o óxido nítrico (fórmula $N=O$, abreviadamente NO) exerce um papel chave (ZAGO et al., 2006), apresentando-se como uma molécula sinalizadora nos vegetais, em respostas aos estresses abióticos, na regulação do crescimento e desenvolvimento da planta e defesa contra patógeno (SANZ et al., 2015). Neste processo, o óxido nítrico se faz presente como um importante agente de controle.

Esse estudo tem como objetivo realizar um levantamento literário a respeito da importância econômica da cultura do milho assim como a reação acerca dos efeitos da absorção de cobre, a tolerância das plantas sobre metais pesados e a importância e atuação do óxido nítrico em plantas.

2 ASPECTOS ECONOMICOS DA CULTURA DO MILHO

Durante a colheita da safra de verão de 2020 teve início a pandemia da Covid-19. A economia mundial estava em declínio, no entanto, houve uma reversão no mercado de grãos, um comportamento atípico dos principais produtos (ELIAS, 2020). O movimento de alta do dólar e a baixa oferta do grão contribuíram para a valorização do milho, com a perspectiva para o mercado futuro para março de 2021, de R\$70,1 por saca representando uma alta de 22,1% em relação ao valor médio nominal observado em março de 2020, segundo indicador CEPEA (R\$ 57,41 por saca) (FARMNEWS, 2020).

O aumento da produção agrícola elevou a necessidade de adição de insumos, aumentando assim os teores de metais pesados nos solos (SARWAR et al., 2017). A exploração de minerais pode causar alterações nos teores naturais de metais pesados no ambiente, a prática da mineração poderá resultar em rejeitos de resíduos (ALI; KHAN; SAJAD, 2013; CUNHA, 2017), sendo definido como um problema ambiental.

3 EFEITOS DA ABSORÇÃO DO COBRE

Devido à capacidade do Cobre (Cu) de perder e ganhar elétrons facilmente, o Cu atua como cofatores em várias enzimas, como citocromo c oxidase, polifenol oxidase, Cu/Zn superóxido dismutase e plastocianina (NAZIR; HUSSAIN; FARIDUDDIN, 2019; ZHANG et al., 2019) papel mais importante do Cu nas plantas é o transporte de elétrons no cloroplasto e nas mitocôndrias (AGUIRRE; PILON, 2016).

Segundo CONAMA (2009), o valor orientador como limite máximo para o cobre total em áreas agrícolas é de 200 mg kg⁻¹ sem que ocorra intervenção. O conteúdo de matéria orgânica do solo (MO) tem um papel muito importante na mobilidade e disponibilidade de metais pesados (LAURENT et al., 2020), a maior parte do Cu inorgânico no solo é insolúvel e apresenta baixa fitodisponibilidade (MIHALJEVIČ et al., 2019).

Em altas concentrações o Cu causa danos aos seres vivos e induz a deficiência de outros nutrientes (TAIZ et al., 2017), possibilitando a intoxicação em diferentes elos da cadeia trófica (CORNU et al., 2017), em seres humanos sua ingestão em altas concentrações pode acarretar irritação, problemas hepáticos e renais (BASSO; KIANG, 2017).

Em plantas a toxidez por Cu se expressa, sobretudo, na ausência de formação de raízes (TAIZ et al., 2017), como verificado no trabalho de De Conti (2018), onde a redução no crescimento e o acúmulo de macronutrientes em videiras jovens, indicou toxidez pelo excesso desse metal (BALDI et al., 2018). Segundo Benimeli et al. (2009), plantas de milho podem tolerar e acumular altas concentrações de Cu sem apresentar mudanças morfológicas visíveis, é provável que a espécie esteja imobilizando ou compartimentando o excesso de cobre.

As plantas cultivadas em solos com alto teor de cobre apresentam redução na taxa fotossintética e na respiração (MARQUES et al., 2018), redução do comprimento da raiz, biomassa, declínio na absorção de nutrientes (DE MARCO et al., 2017; XU et al., 2017) o que pode resultar em estresse oxidativo, com aumento da reatividade espécies de oxigênio (ROS) (KÜPPER; ANDRESEN, 2016), provocando inibição no desenvolvimento da planta (ADREES et al., 2015).

Os elementos-traço podem causar o estresse oxidativo interferindo nas enzimas envolvidas no processo de germinação (KO; LEE; KONG, 2012), esses efeitos na emergência de sementes podem estar relacionados com a diminuição da atividade das α e β amilases, comprometendo a respiração, impedindo o crescimento do eixo embrionário e da radícula (PIRES et al., 2016).

O Cu tem influência negativa sobre enzimas chaves de fixação de CO₂, ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase (RuBPCase) e fosfoenolpiruvato carboxilase (PEPCase) (TRAN; POPOVA, 2013), o declínio dos valores do rendimento potencial da reação fotoquímica (Fv/Fm) é um bom parâmetro para acompanhar a inativação dos centro de reação do PSII (SCHANSKER et al., 2014), o metal compete pela ligação (sulfidril, -SH, e assim, substitui Mg²⁺, Zn²⁺ ou Fe²⁺ nas proteínas do cloroplasto (AMEH; SAYES, 2019).

4 TOLERÂNCIA DE PLANTAS A ABSORÇÃO DE METAIS PESADOS

A complexa dinâmica de captação e transporte de nutrientes sob toxicidade por Cu pode ser devido à competição entre Cu e nutrientes por transportadores (ZHANG et al., 2017). Vários estudos relataram que altas concentrações de cobre alteram o conteúdo de macro e micronutrientes tanto na parte aérea quanto na raiz (DE FREITAS et al., 2015)

Para tolerar os efeitos dos estresses ambientais, as plantas utilizam o mecanismo de ajustamento osmótico (DESTRO, 2006). Este mecanismo capacita a célula a acumular compostos, denominados solutos compatíveis ou osmoprotetores, que preservam a integridade celular (MELONI et al., 2004). A prolina atua como um osmorregulador na tolerância das plantas ao estresse induzido por Cu (SHARMA et al., 2019).

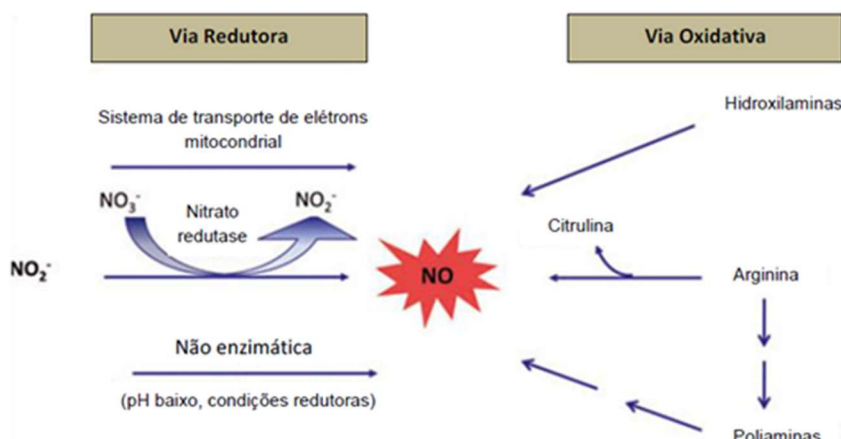
Plantas que apresentam tolerância quanto a absorção dos metais pesados, geralmente acumulam maiores concentrações destes metais na raiz em relação à parte aérea (GARBSU; ALKORTA, 2001). Algumas espécies podem se adaptar a ambientes com altas concentrações de metais fazendo com que elas sejam utilizadas em técnicas de fitorremediação (MAHAR et al., 2016), que utiliza plantas para extrair (bioacumulação) os contaminantes, uma técnica eficiente e econômica (KHALID et al., 2017; SARWAR et al., 2017).

As gramíneas têm importância fundamental do ponto de vista ecológico, ajudando na proteção e revegetação do solo, apresentam rápido crescimento e vasto sistema radicular, sendo apropriadas para a recomposição e recuperação das áreas degradadas por metais (PEREIRA, 2006).

5 IMPORTÂNCIA E ATUAÇÃO DO ÓXIDO NÍTRICO EM PLANTAS

O óxido nítrico (NO) pode ser produzido através de diversas fontes, incluindo a atividade da enzima óxido nítrico sintase (NOS) e vias dependentes de arginina e nitrito (BAUDOUIN, 2011; GROB et al., 2013). Além da arginina, a geração de NO a partir do nitrito pode ocorrer por vias enzimáticas e não enzimáticas (Figura 1) (YAMASAKI et al., 1999).

Outra fonte de NO em plantas resulta da atividade da enzima nitrato redutase (NR) que pode gerar NO a partir de nitrito em uma reação dependente de NAD(P)H (DEAN; HARPER 1988; KLEPPER, 1990; ROCKEL et al. 2002).

Figura 1 - Principais vias de formação de NO em plantas.

Fonte: Modificado de Moreau et al. 2010.

A aplicação de NO exógeno sob a forma de nitroprussiato de sódio- NPS melhora a tolerância de plantas ao estresse causado por metais pesados (WANG et al., 2013). Em relação à atividade antioxidante, o NO pode reagir diretamente com espécies reativas de oxigênio-ERO e com metais de transição (TOSSI et al., 2011). Esses estudos indicam que o efeito protetor do NPS foi devido à liberação de NO.

No entanto, alguns autores contestam que o efeito causado por doadores de óxido nítrico seja propriamente do óxido nítrico, como relatado em sementes de *Arabidopsis*, onde foi utilizado o NPS para superar a dormência, porém, os autores constataram que o efeito seria do cianeto presente no NPS (BETHKE et al., 2006). Segundo Silva et al. (2019), o cianeto aplicado via NPS-nitroprussiato de sódio foi benéfico para a germinação de sementes de *Senna macranthera* sob estresse salino reduzindo a peroxidação lipídica e aumentando a atividade das enzimas antioxidantes.

De acordo com Fan et al. (2007), o NO tem a capacidade de atenuar os danos nas membranas por redução da permeabilidade e peroxidação de lipídios envolvendo outros mecanismos bioquímicos, controlados por hormônios como o ABA (MONTEIRO et al., 2012). Segundo Sarath et al. (2006) a aplicação de SNP reverte parcialmente os efeitos inibitórios da aplicação de ABA sobre a germinação, o alongamento da radícula e a emergência do coleótilo em *Panicum virgatum*.

A cadeia transportadora de elétrons cloroplastídica possui diversas proteínas contendo metais de transição, que são moléculas alvo para ligação do ON (YAMASAKI, 2001). Os sítios de ação de ON encontram-se no PSII, entre a QA (quinona A) e QB (quinona B), evitando que ocorra a redução de QA (SANAKIS et al., 1997).

O NO pode funcionar como um regulador positivo e negativo das respostas ao estresse dependendo de sua concentração local (MUR et al. 2013), seus efeitos dependem de alterações químicas nas proteínas, como a S-nitrosilação (MALIK et al., 2011;

FRUNGILLO et al., 2014), mediando os efeitos dos hormônios e de outras moléculas sinalizadoras preliminares (WILSON et al., 2008).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a alta necessidade de se ampliar a produção agrícola, o uso cada vez maior de insumos e metais pesados no solo cresceu, no entanto, essa prática pode resultar em grandes quantidades de resíduos e problemas ambientais.

Em decorrência disso, o Cu (cobre) é um micronutriente com grande atuação no solo e nas plantas, causando diversos entraves no desenvolvimento e nutrição das mesmas. Em contrapartida, o uso de NO (óxido de nítrico), pode atuar como regulador das respostas do estresse, dependendo de sua concentração local.

REFERÊNCIAS

ADREES, M.; ALI, S.; RIZWAN, M.; IBRAHIM, M.; ABBAS, FARHAT.; FARID, M.; REHMAN, M. Z. U.; IRSHAD, K. M.; BHARWANA, S. A. The effect of excess copper on growth and physiology of important food crops: a review. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 11, p. 8148-8162, 2015.

AGUIRRE, G.; PILON, M. Copper delivery to chloroplast proteins and its regulation. **Frontiers in Plant Science**, v. 6, p. 1250, 2016.

ALI, A. S. M.; AHMED, H. A. M.; EMARA, H. A. E. A.; JANJUA, M. N.; ALHAFEZ, N.; Estimation and Bio-Availability of Toxic Metals between Soils and Plants. **Polish Journal of Environmental Studies**, v. 28, n. 1, 2019.

ALI, H.; KHAN, E.; SAJAD, M.A. Phytoremediation of heavy metals- Concepts and application. **Chemosphere**, v. 91, p. 869-881, 2013.

AMEH, T.; SAYES, C. M. The potential exposure and hazards of copper nanoparticles: a review. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 71, p. 103220, 2019.

BALDI, E.; MIOTTO, A.; CERETTA, C. A.; QUARTIERI, M.; SORRENTI, G.; BRUNETTO, G.; TOSELLI, M. Soil-applied phosphorous is an effective tool to mitigate the toxicity of copper excess on grapevine grown in rhizobox. **Scientia Horticulturae**, v. 227, p. 102-111, 2018.

BASSO, J. B.; KIANG, C. H. Coeficiente de distribuição (kd) de cobre, potássio e cloreto em solos residuais do subgrupo itararé no estado de São Paulo. **Águas Subterrâneas**, v. 31, n. 1, p. 117-133, 2017.

BAUDOUIN, E. The language of nitric oxide signalling. **Plant Biology**, v. 13, n. 2, p. 233-242, 2011.

BENIMELI, C. S.; MEDINA, A.; NAVARRO, C. M.; MEDINA, R. B.; AMOROSO, M. J. R.; GÓMEZ, M. I. Bioaccumulation of copper by Zea mays: impact on root, shoot and leaf growth. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 210, n. 1, p. 365-370, 2009.

BETHKE, P.C.; LIBOUREL, I.G.L.; JONES, R.L. Nitric oxide reduces seed dormancy in *Arabidopsis*. **Journal of Experimental Botany**, v. 57, n. 3, p. 517-526, 2006.

BUTNARIU, M. General Concepts of Plant Biochemistry. **Biochemistry & Physiology**, v. 7, n. 2, p. 1-4, 2018.

CONAB. **ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA DE GRÃOS** | v. 8 – safra 2020/21, n. 1 – primeiro levantamento | outubro 2020.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 420**, de 28 de dezembro e 2009.

CORNU, J. Y.; HUGUENOT, D.; JÉZÉQUEL, K.; LOLLIER, M.; LEBEAU, T. Bioremediation of copper-contaminated soils by bacteria. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 33, n. 2, p. 26, 2017.

CUNHA, C. S. M. **Metais pesados em solos, plantas e qualidade da água em área de mineração fósforo-uranífera-CE**. 2017. 168 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Universidade Federal do Ceará, 2017.

DE CONTI, L. **Plantas de cobertura do solo e videiras: toxidez, fitorremediação e mecanismos de tolerância ao excesso de cobre**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria.

DE FREITAS, T. A.; FRANÇA, M. G. C.; DE ALMEIDA, A. A. F.; DE OLIVEIRA, S. J. R.; DE JESUS, R. M.; SOUZA, V. L.; SILVA, J. V. S.; MANGABEIRA, P. A. Morphology, ultrastructure and mineral uptake is affected by copper toxicity in young plants of *Inga subnuda* subs. *luschnathiana* (Benth.) TD Penn. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 20, p. 15479-15494, 2015.

DE MARCO, R.; DA SILVA, R. F.; SCHEID, D. L.; DA ROS, C. O.; DA SILVA, V.R. Amenizante Orgânico e *Eucalyptus grandis* para fitoestabilização de solo contaminado com cobre. **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017.

DEAN, J.V.; HARPER, J.E. The conversion of nitrite to nitrogen oxide (s) by the constitutive NAD (P) H-nitrate reductase enzyme from soybean. **Plant Physiology**, v. 88, n. 2, p. 389-395, 1988.

DESTRO, M. V. P. **Interação estresse salino e aplicação exógena de espermidina nos teores de glicina betaína de guandu**. 2006. 69f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Área de Concentração em Genética e Melhoramento de Plantas) -Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

ELIAS, H. T. **Artigo: os efeitos da pandemia no preço dos alimentos**. 2020. Disponível em: <https://www.epagri.sc.gov.br/index.php/2020/09/08/artigo-os-efeitos-da-pandemia-no-preco-dos-alimentos/>. Acesso em: 15/09/2020.

FAN, H.; GUO, S.; JIAO, Y.; ZHANG, R.; LI, J. Effects of exogenous nitric oxide on growth, active oxygen species metabolism, and photosynthetic characteristics in cucumber seedlings under NaCl stress. **Frontiers of Agriculture in China**, v. 1, n. 3, p. 308-314, 2007.

FARMNEWS- Principais países importadores de milho do Brasil em setembro. Disponível em: <https://www.farmnews.com.br/mercado/principais-paises-importadores-de-milho-do-brasil/>. Acesso em: 20/10/2020.

FRUNGILLO, L.; SKELLY, M. J.; LOAKE, G. J.; SPOEL, S. H.; SALGADO, I. S-nitrosothiols regulate nitric oxide production and storage in plants through the nitrogen assimilation pathway. **Nature Communications**, v. 5, n. 1, p. 1-10, 2014.

GARBISU, C.; ALKORTA, I. Phytoextraction: a cost-effective plant-based technology for the removal of metals from the environment. **Bioresource technology**, v. 77, n. 3, p. 229-236, 2001.

GROß, F.; DURNER, J.; GAUPELS, F. Nitric oxide, antioxidants and prooxidants in plant defence responses. **Frontiers in Plant Science**, v. 4, p. 419, 2013.

HUGEN, C.; MIQUELLUTI, D. J.; CAMPOS, M. L.; DE ALMEIDA, J. A.; FERREIRA, É. R. N. C.; POZZAN, M. Teores de Cu e Zn em perfis de solos de diferentes litologias em Santa Catarina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 6, p. 622-628, 2013.

KHALID, S.; SHARID, M.; NIAZI, N. K.; MURTAZA, B.; BIBI, I.; DUMAT, C. A comparison of technologies for remediation of heavy metal contaminated soils. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 182, p. 247-268, 2017.

KLEPPER, L. Comparison between NO_x evolution mechanisms of wild-type and nr1 mutant soybean leaves. **Plant Physiology**, v. 93, n. 1, p. 26-32, 1990.

KO, K.S., LEE, P.K., KONG, I.C. Evaluation of the toxic effects of arsenite, chromate, cadmium, and copper using a battery of four bioassays. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 95, n. 5, p. 1343-1350, 2012.

KÜPPER, H.; ANDRESEN, E. Mechanisms of metal toxicity in plants. **Metallomics**, v. 8, n. 3, p. 269-285, 2016.

LAURENT, C.; BRAVIN, M. N.; CROUZET, O.; PELOSI, C.; TILLARD, E.; LECOMTE, P.; LAMY, I. Increased soil pH and dissolved organic matter after a decade of organic fertilizer application mitigates copper and zinc availability despite contamination. **Science of the Total Environment**, v. 709, p. 135927, 2020.

MAHAR, A.; WANG, P.; ALI, A.; AWASTHI, M. K.; LAHORI, A. H.; WANG, Q.; LI, R.; ZHANG, Z. Challenges and opportunities in the phytoremediation of heavy metals contaminated soils: a review. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 126, p. 111-121, 2016.

MALIK, S. I.; HUSSAIN, A.; YUN, B. W.; SPOEL, S. H.; LOAKE, G. J. GSNOR-mediated de-nitrosylation in the plant defence response. **Plant Science**, v. 181, n. 5, p. 540-544, 2011.

MAMEDES, I. M. Influência Da Disposição Inadequada De Resíduos Sólidos Urbanos Sobre O Solo: Estudo De Caso Do Lixão De Várzea Grande-Mt. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 5, n. 2, p. 327-336, 2017.

MARCOS FILHO, J. Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas (p. 660). **ABRATES, Londrina, PR**, 2015.

MARQUES, D. M.; JÚNIOR, V. V.; DA SILVA, A. B.; MANTOVANI, J. R.; MAGALHÃES, P. C.; DE SOUZA, T. C. Copper toxicity on photosynthetic responses and root morphology of *Hymenaea courbaril* L. (Caesalpinioideae). **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 229, n. 5, p. 1-14, 2018.

MELONI, D. A.; GULOTTA, M. R.; MARTÍNEZ, C. A.; OLIVA, M. A.; The effects of salt stress on growth, nitrate reduction and proline and glycinebetaine accumulation in *Prosopis alba*. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 16, n. 1, p. 39-46, 2004.

MIHALJEVIČ, M.; BAIETA, R.; ETTLER, V.; VANĚK, A.; KŘÍBEK, B.; PENÍŽEK, V.; DRAHOTA, P.; TRUBAČ, J.; SRACEK, O.; CHRASTNÝ, V.; MAPANI, B. S. Tracing the metal dynamics in semi-arid soils near mine tailings using stable Cu and Pb isotopes. **Chemical Geology**, v. 515, p. 61-76, 2019.

MIRANDA, R. A. de. Uma história de sucesso da civilização. **A Granja**, v. 74, n. 829, p. 24-27, 2018.

MONTEIRO, C. C.; ROLÃO, M. B.; FRANCO, M. R.; PETERS, L. P.; CIA, M. C.; CAPALDI, F. R.; CARVALHO, R. F.; GRATÃO, P. L.; ROSSI, M. L.; MARTINELLI, A. P.; PERES, L. E. P.; AZEVEDO, R. A. Biochemical and histological characterization of tomato mutants. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 84, n. 2, p. 573-585, 2012.

MUR, L. A. J.; MANDON, J.; PERSIJN, S.; CRISTESCU, S. M.; MOSHKOV, I. E.; NOVIKOVA, G. V.; HALL, M. A.; HARREN, F. J. M.; HEBELSTRUP, K. H.; GUPTA, K. J. Nitric oxide in plants: an assessment of the current state of knowledge. **AoB plants**, v. 5, 2013.

NAZIR, F.; HUSSAIN, A.; FARIDUDDIN, Q. Hydrogen peroxide modulate photosynthesis and antioxidant systems in tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants under copper stress. **Chemosphere**, v. 230, p. 544-558, 2019.

PEREIRA, A. R. **Como selecionar plantas para áreas degradadas e controle de erosão**. Belo Horizonte: Fapi, 2006. 70 p.

PIRES, R. M. de O.; DE SOUZA, G. A.; CARDOSO, A. A.; DIAS, D. C. F. DOS S.; BORGES, E. E. DE L. Action of nitric oxide in sesame seeds (*Sesamum indicum* L.) submitted to stress by cadmium. **Journal of Seed Science**, v. 38, n. 1, p. 22-29, 2016.

ROCKEL, P.; STRUBE, F.; ROCKEL, A.; WILDT, J.; KAISER, W. M. Regulation of nitric oxide (NO) production by plant nitrate reductase in vivo and in vitro. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, n. 366, p. 103-110, 2002.

SANAKIS, Y.; GOUSSIAS, C.; MASON, R. P.; PETROULEAS, V. NO interacts with the tyrosine radical YD• of photosystem II to form an iminoxyl radical. **Biochemistry**, v. 36, n. 6, p. 1411-1417, 1997.

SANZ, L.; ALBERTOS, P.; MATEOS, I.; VICENTE, I. S.; LECHÓN, T.; MARCOS, M. F.; LORENZO, OSCAR. Nitric oxide (NO) and phytohormones crosstalk during early plant development. **Journal of Experimental Botany**, v. 66, n. 10, p. 2857-2868, 2015.

SARATH, G.; BETHKE, P. C.; JONES, R.; BAIRD, L. M.; GUICHUAN, H.; MITCHELL, R. B. Nitric oxide accelerates seed germination in warm-season grasses. **Planta**, v. 223, n. 6, p. 1154-1164, 2006.

SARWAR, N.; IMRAN, M.; SHAREEN, M. R.; ISHAQUE, W.; KAMRAN, M. A.; MATLOOB, A.; REHIM, A.; HUSSAIN, S. Phytoremediation strategies for soils contaminated with heavy metals: modifications and future perspectives. **Chemosphere**, v. 171, p. 710-721, 2017.

SCHANSKER, G.; TÓTH, S. Z.; HOLZWARTH, A. R.; GARAB, G. Chlorophyll a fluorescence: beyond the limits of the QA model. **Photosynthesis Research**, v. 120, n. 1, p. 43-58, 2014.

SHARMA, R.; BHARDWAJ, R.; THUKRAL, A. K.; HUQAIL, A. A. A.; SIDDIQUI, M. H.; AHMAD, P. Oxidative stress mitigation and initiation of antioxidant and osmoprotectant responses mediated by ascorbic acid in Brassica juncea L. subjected to copper (II) stress. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 182, p. 109436, 2019.

SHARMA, S.; RANA, S.; THAKKAR, A.; BALDI, A.; MURTHY, R. S. R.; SHARMA, R. K. Physical, chemical and phytoremediation technique for removal of heavy metals. **Journal of Heavy Metal Toxicity and Diseases**, v. 1, n. 2, p. 1-15, 2016.

SILVA, A. L.; PINHEIRO, D. T.; BORGES, E. E. DE L.; SILVA, L. J.; DIAS, D. C. F. S. Effect of cyanide by sodium nitroprusside (SNP) application on germination, antioxidative system and lipid peroxidation of Senna macranthera seeds under saline stress. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 1, p. 86-96, 2019.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. Artmed, 6ª ed. Porto Alegre-RS, 888 p. 2017.

TOSSI, V. AMENTA, M.; LAMATTINA, L.; CASSIA, R. Retracted: Nitric oxide enhances plant ultraviolet-B protection up-regulating gene expression of the phenylpropanoid biosynthetic pathway. **Plant, Cell & Environment**, v. 34, n. 6, p. 909-921, 2011

TRAN, T. A.; POPOVA, L. P. Functions and toxicity of cadmium in plants: recent advances and future prospects. **Turkish Journal of Botany**, v. 37, n. 1, p. 1-13, 2013.

VEIGA, A. D.; PINHO, É. V. R. V.; VEIGA, A. D.; PEREIRA, P. H. A. R.; OLIVEIRA, K. C.; PINHO, R. G. V. Influência do potássio e da calagem na composição química, qualidade fisiológica e na atividade enzimática de sementes de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 953-960, 2010.

WANG, P.; SUN, X.; CHANG, C.; FENG, F.; LIANG, D.; CHENG, L.; MA, F. Delay in leaf senescence of Malus hupehensis by long-term melatonin application is associated with its regulation of metabolic status and protein degradation. **Journal of Pineal Research**, v. 55, n. 4, p. 424-434, 2013.

WELCH, R. M.; SMITH, M. E.; CAMPEN, D. R. V.; SCHAEFER, S. C. Improving the mineral reserves and protein quality of maize (Zea mays L.) kernels using unique genes. In: **Plant Nutrition – from Genetic Engineering to Field Practice**. Springer, Dordrecht, 1993. p. 235-238.

WILSON, I.D., NEILL, S.J., HANCOCK, J.T. Nitric oxide synthesis and signalling in plants. **Plant, Cell & Environment**, v. 31, n. 5, p. 622-631, 2008.

YAMASAKI, H.; SAKIHAMA, Y.; TAKAHASHI, S. An alternative pathway for nitric oxide production in plants: new features of an old enzyme. **Trends in plant science**, v. 4, n. 4, p. 128-129, 1999.

YAMASAKI, H.; SHIMOJI, H.; OHSHIRO, Y.; SAKIHAMA, Y. Inhibitory effects of nitric oxide on oxidative phosphorylation in plant mitochondria. **Nitric Oxide**, v. 5, n. 3, p. 261-270, 2001.

ZAGO, E.; MORSA, S.; DAT, F. J.; ALARD, P.; FERRARINI, A.; INZÉ, D.; DELLE-DONNE, M.; BREUSEGEM, F. V. Nitric oxide-and hydrogen peroxide-responsive gene regulation during cell death induction in tobacco. **Plant Physiology**, v. 141, n. 2, p. 404-411, 2006.

ZHANG, K.; LIU, Z.; SHAN, X.; LI, C.; TANG, X.; CHI, M.; FENG, H. Physiological properties and chlorophyll biosynthesis in a Pak-choi (*Brassica rapa* L. ssp. *chinensis*) yellow leaf mutant, pylm. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 39, n. 1, p. 1-10, 2017.

CAPÍTULO 10

AVALIAÇÃO DO PERFIL BIOQUÍMICO SÉRICO E QUALIDADE DE OVOS DE POEDEIRAS ALIMENTADAS COM GLICERINA BRUTA

EVALUATION OF THE BIOCHEMICAL PROFILE AND EGG QUALITY OF LAYING HENS FED WITH CRUDE GLYCERIN

Alison Batista Vieira Silva Gouveia¹

Marcos Brás de Freitas²

Lorrayne Moraes de Paulo³

Júlia Marixara Sousa da Silva⁴

Weslane Justina da Silva⁵

Fabiana Ramos dos Santos⁶

Cibele Silva Minafra⁷

DOI: 10.46898/rfbe.9786558890225.10

1 Universidade Federal de Goiás. <https://orcid.org/0000-0002-2041-1582>. E-mail. alisonmestre28@gmail.com

2 Instituto Federal de Ciência e Tecnologia Goiano Campus Rio Verde. <https://orcid.org/0000-0003-2234-6128>. bras28@yahoo.com

3 Universidade Federal de Goiás. <https://orcid.org/0000-0001-6100-0571>. lorraynemoraesrv@gmail.com

4 Universidade Federal de Goiás. <https://orcid.org/0000-0002-2420-488X>. marixaraj@gmail.com

5 Universidade Estadual de Goiás Campus Edéia. <https://orcid.org/0000-0003-3240-4977>. weslanejds@gmail.com

6 Instituto Federal de Ciência e Tecnologia Goiano Campus Rio Verde. <https://orcid.org/0000-0002-0287-1681>. fabiana.santos@ifgoiano.edu.br

7 Instituto Federal de Ciência e Tecnologia Goiano Campus Rio Verde. <https://orcid.org/0000-0002-4286-2982>. cibele.minafra@ifgoiano.edu.br

RESUMO

O bjetivou-se avaliar o efeito da qualidade de ovos e perfil bioquímico de poedeiras alimentadas com dietas contendo 5% e 10% de glicerina bruta (GB). Foram utilizadas 48 poedeiras da linhagem Hisex Brown com um delineamento estatístico em blocos ao acaso com três tratamentos e quatro repetições. Os teores de cálcio foram reduzidos de forma significativa pela inclusão de 10% de GB, enquanto o fósforo e colesterol foram reduzidos pela inclusão dos níveis de 5 e 10% de glicerina bruta, os triglicerídeos foram reduzidos de forma linear pela inclusão dos níveis de glicerina, contudo os teores de proteínas totais não foram influenciados pela inclusão, assim como a qualidade interna e externa dos ovos de poedeiras comerciais. Conclui-se que a utilização dos níveis de 5 e 10 % de glicerina bruta na alimentação de poedeiras semipesadas, reduz os teores bioquímicos séricos de colesterol, triglicerídeos, cálcio e fósforo, porém, não causa nenhum efeito sobre a qualidade interna ou externa dos ovos.

Palavras-chave: Albúmen. Biodiesel. Cálcio. Colesterol. Gema.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of egg quality and biochemical profile of laying hens fed diets containing 5% and 10% crude glycerin (GB). Thirty-eight hens of the Hisex Brown lineage were used with a randomized complete block design with three treatments and four replicates. Calcium contents were significantly reduced by the inclusion of 10% GB whereas phosphorus and cholesterol were reduced by the inclusion of 5 and 10% crude glycerin levels, the triglycerides were linearly reduced by the inclusion of glycerin levels, however the total protein contents were not influenced by the inclusion, as well as the internal and external quality of the eggs of commercial laying hens. It is concluded that the use of 5 and 10% crude glycerin levels in semidried hens, reduces the serum biochemical levels of cholesterol, triglycerides, calcium and phosphorus, but has no effect on the internal or external quality of eggs.

Keywords: Albumen. Biodiesel. Calcium. Cholesterol. Egg yolk.

1 INTRODUÇÃO

A produção brasileira de biodiesel no ano de 2017 alcançou a marca de 4.291.294 m³, um aumento de 12,9% maior que o ano anterior em decorrência, principalmente, do aumento do teor de mistura no óleo diesel de 7% para 8%, está grande produção de biodiesel gera a glicerina como coproduto, sendo que em 2017 foram gerados 374,5 mil m³ de glicerina, 9,5% a mais que em 2016. A maior geração de glicerina se deu na Região Centro-Oeste (42,4% do total), seguida das regiões Sul (41,9%), Sudeste (8,2%), Nordeste (7,1%) e Norte (0,4%) (ANP, 2018).

De acordo com Beserra et al. (2016) muitas pesquisas têm sido realizadas para incluir a glicerina na alimentação animal e os trabalhos apresentados demonstraram que a glicerina se apresenta como uma opção de ingrediente para a substituição do milho e outros grãos (fornecimento de energia) na dieta de aves e suínos, tornando esse processo de produção mais atrativo e com menor custo de produção.

Sendo que se a produção de aves e suínos, utilizam aproximadamente 10% de glicerina bruta nas rações, esses mercados seriam capazes de consumir toda a glicerina gerada no Brasil (SILVEIRA et al., 2015). Contudo, antes de utilizar a glicerina os nutricionistas devem estar atentos a variação observada em sua composição, aos efeitos antinutricionais de seus componentes e ao seu nível de utilização nas rações, pois a longo prazo, o impacto da glicerina bruta sobre a saúde e a produtividade dos animais que permanecem em mais de um ciclo produtivo ainda não foram avaliados, sendo recomendada a realização de estudos que possam se aprofundar nessa temática em diferentes ciclos produtivos (BESERRA et al., 2016; SOUZA et al., 2017).

Segundo Fontinele et al. (2015) a responsabilidade ambiental é outro fator que favorece a utilização da glicerina para fins de nutrição animal, pois, com a crescente produção do biodiesel, faz-se necessário encontrar destinos adequados para o excedente da mesma que não é absorvido pelos mercados tradicionais do glicerol.

A análise bioquímica sanguínea é amplamente utilizada para auxiliar o diagnóstico e a caracterização de doenças na maioria das espécies animais (REZENDE et al., 2017). Pois os constituintes bioquímicos do sangue refletem as condições de saúde dos animais, assim como diversos fatores, como tipo de nutrição, clima e manejo, portanto, determinar os parâmetros bioquímicos sanguíneos podem ser utilizados para poder demonstrar as reais condições em que o animal foi submetido durante todo o período de criação (MINAFRA et al., 2010).

A qualidade de ovos é um termo que se refere a vários padrões que definem a qualidade interna e externa, onde a qualidade externa é focada principalmente na formação da casca e suas características, enquanto a qualidade interna refere-se à limpeza e viscosidade do albúmen, forma da gema e coloração da gema entre outras características que podem ser influenciadas diretamente pela alimentação das aves e que podem ter impacto direto na hora da comercialização (MENDES et al., 2014).

Objetivou-se avaliar os efeitos da substituição do milho pelos níveis de 5 e 10% de glicerina bruta sobre o perfil bioquímico sérico e a qualidade de ovos de poedeiras da linhagem Hisex Brown.

2 METODOLOGIA

O experimento foi conduzido no setor de Avicultura do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano campus Rio Verde - GO, no galpão de avicultura destinado as poedeiras comerciais e no Laboratório de Bioquímica e Metabolismo Animal (LABMA).

A região apresenta clima tropical quente e estação chuvosa e seca bem definida, relevo relativamente plano e localização geográfica entre os paralelos 20° 45' 53" de latitude sul e os meridianos 51° 55' 53" de longitude oeste de Greenwich, numa altitude de 748m.

Foram utilizadas 48 poedeiras da linhagem *Hisex Brown* com um delineamento estatístico em blocos ao acaso com três tratamentos e quatro repetições. As pintainhas foram adquiridas com três dias de idade de uma empresa da região e foram criadas em um galpão de frango de corte com cama de maravalha até atingirem a idade de postura 18 semanas.

Aos 10 dias e com 10 semanas de idade as aves foram debicadas com debicador próprio, prática comum em poedeiras comerciais. Na primeira, nona e décima terceira semana foram feitas as vacinas contra "Bouba aviária, Bronquite, Coriza, Gumboro e Newcastle, a vermifugação foi efetuada na primeira semana.

Após este período as galinhas foram alojadas em gaiolas de arame próprias, medindo 1,0 x 0,45 x 0,45 metros (com subdivisões de 25 cm). O arraçoamento e água foram fornecidos à vontade. No período inicial da criação, as pintinhas receberam ração de crescimento sem a adição de glicerina.

Posteriormente, os animais foram arraçoados da seguinte maneira: ração de postura contendo níveis de 5 e 10% de glicerina bruta (GB) e um lote controle sem glicerina.

A rações experimentais (tabela 1) foram formuladas seguindo as recomendações Rostagno et al. (2011) e misturadas nas dependências do setor de avicultura do IFGoiano - Campus Rio Verde.

Para a formulação da ração foi atribuído à glicerina o valor médio de 4.015 kcal EMA/kgMN de acordo com o valor utilizado por Oliveira et al. (2010). A glicerina foi incorporada à ração com a utilização de misturador e posteriormente administrada via oral por meio da mistura. O experimento teve a duração de 84 dias, sendo divididos em três ciclos de 28 dias cada ciclo de produção.

Tabela 1 - Composição percentual e nutricional das rações experimentais, na matéria natural.

Ingredientes (kg)	Tratamentos		
	Controle	5% Glicerina	10% Glicerina
Milho	61,034	55,100	49,200
Farelo de soja	25,250	26,434	27,627
Fosfato bicálcico	1,492	1,508	1,522
Óleo de soja	2,440	2,014	1,695
Calcário	9,192	9,176	9,162
Sal	0,412	0,466	0,468
Metionina	0,106	0,106	0,110
Premix mineral/ vitamínico ¹	0,068	0,068	0,068
Glicerina	0,000	5,000	10,000
Inerte	0,006	0,128	0,148
Total	100,00	100,00	100,00
Composição Química			
Energia metabolizável (Mcal/kg)	2,750	2,750	2,750
Proteína (%)	17,000	17,000	17,000
Lisina (%)	0,860	0,878	0,895
Metionina (%)	0,375	0,375	0,375
Fibra Bruta (%)	2,732	2,679	2,625
Sódio (%)	0,220	0,220	0,220
Cálcio (%)	4,000	4,000	4,000
Fósforo disponível (%)	0,375	0,375	0,375

¹Premix mineral e vitamínico: Composição/kg de produto: 170 g de cálcio; 45 g de fósforo; 10 g de metionina; 140.000 U.I. de vitamina A; 35.000 U.I. de vitamina D3; 140 U.I. de vitamina E; 10 mg de tiamina (B1); 75 mg de riboflavina (B2); 20 mg de piridoxina (B5); 120 mg de vitamina B12; 30 mg de vitamina K3; 6 mg de ácido fólico; 300 mg de niacina; 120 mg de pantotenato de cálcio; 5000 mg de colina; 30 g de sódio; 1600 mg de manganês; 1300 mg de zinco; 160 mg de cobre; 630 mg de ferro; 20 mg de iodo; 6 mg de selênio; 500 mg de bacitracina de zinco.

A coleta do sangue foi realizada no Setor de Avicultura aos 21 dias do terceiro ciclo de produção das aves, pela veia da asa. Foi coletado o sangue de oito aves por tratamento, sendo uma ave de cada repetição, de modo aleatório, no período da manhã, em jejum prévio. Os tubos identificados foram centrifugados a 6.000 rpm por 15 minutos, para obtenção do soro, no qual se procederam as análises, todas em triplicata. Todas as análises bioquímicas foram realizadas com a utilização de kits comerciais.

As análises bioquímicas foram realizadas no Laboratório de Bioquímica e Metabolismo Animal (LABMA) do Instituto Federal Goiano Campus Rio Verde, através do soro sanguíneo, onde foram quantificados os teores bioquímicos dos minerais cálcio (mg/dL) e fósforo (mg/dL), de proteína total (g/dL), colesterol (mg/dL) e triglicerídeos (mg/dL), utilizando kits comerciais.

Para avaliar a qualidade dos ovos, os mesmos foram coletados num período de sete dias para proceder às análises físicas. Para a determinação do peso dos ovos, estes foram mensurados individualmente em balança de precisão de 0,01 grama. Para determinar a gravidade específica, os ovos foram imersos em soluções salinas com densidades que variavam de 1,060 a 1,100 com aumento de 0,005 medidos com decímetro de petróleo.

Avaliação interna, primeiro quebrou-se o ovo em uma superfície plana e lisa. Mediu-se a altura do albúmen denso com um paquímetro. Posteriormente, foi realizada a colorimetria de gema, analisada visualmente com auxílio de um leque colorimétrico (DSM). Separou-se a gema do albúmen e realizou-se sua pesagem.

As cascas dos ovos foram identificadas lavadas, permaneceram em estufa a 105°C por duas horas e depois foram pesadas em balança de precisão de 0,01 grama. O peso do ovo com a casca foi subtraído do peso da gema e da casca, que resultou no peso do albúmen, e assim calculou-se o percentual de gema, casca e albúmen.

A unidade Haugh (UH) foi calculada utilizando-se a seguinte formula:

$$\text{Unidade Haugh} = 100 \log (h - 1,7 P^{0,37} + 7,6)$$

Em que:

h = altura de albúmen denso (mm);

P = peso do ovo (g).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo programa SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2014) e as médias, comparadas pelo teste Tukey 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados do perfil bioquímico sérico de poedeiras Hisex Brown são apresentados na tabela 2.

Os teores de cálcio foram influenciados de forma significativa ($p < 0,0006$), sendo reduzidos pela inclusão de 10% de glicerina bruta na dieta (Tabela 2). Assim como os

teores bioquímicos de fósforo foram influenciados significativamente ($p < 0,0000$), pela inclusão dos níveis de 5 e 10% de GB, que reduziram os teores deste mineral no sangue das aves.

Os efeitos da utilização de lipídios em dietas de aves, sobre os níveis de minerais presentes no sangue foram estudados por Atteh et al. (1983). Estes autores constataram significativa redução nos níveis de cálcio presentes no sangue de aves alimentadas com diferentes fontes lipídicas. Suchý et al. (2012), avaliaram a substituição do óleo de soja pela inclusão dos níveis de 2 e 4% de glicerol na alimentação de poedeiras comerciais e não observaram efeito significativo sobre os teores bioquímicos do sangue destas aves.

Tabela 2 - Perfil bioquímico de poedeiras alimentadas com dietas contendo níveis de glicerina bruta.

Variáveis	Níveis de glicerina (%)			P-valor	CV ¹	EMP ²
	0%	5%	10%			
Cálcio (mg/dL)	15,73A	15,28A	14,33B	0,0006	2,63	0,1233
Fósforo (mg/dL)	4,54A	3,69B	3,42B	0,0000	3,32	0,0645
Proteínas Totais (g/dL)	3,44	3,350	3,55	0,0652	3,92	0,0331
Colesterol (mg/dL)	235,59A	165,60B	144,10B	0,0003	8,27	1,5140
Triglicerídeos (mg/dL)	322,50A	271,60B	234,70C	0,0001	3,81	1,2625

¹Coeficiente de variação; ²Erro médio padrão. Letras maiúsculas nas linhas representam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Não foi observado efeito significativo ($p > 0,0652$) da inclusão dos níveis de glicerina bruta na dieta de poedeiras, sobre os teores proteína bruta encontrados neste estudo.

Valores relatados por Schmidt et al. (2007), onde as concentrações das proteínas plasmáticas totais nas aves são menores do que nos mamíferos, variando de 2,5 a 4,5 g/dL. Segundo Reece (2017), as proteínas plasmáticas são responsáveis pela manutenção da pressão coloidosmótica do sangue, contribuindo, para a manutenção da pressão sanguínea dentro dos limites normais. Além disso, ajudam a regular o equilíbrio ácido base do sangue e participam do transporte de nutrientes (Ca, P, Fe, Cu, lipídios, vitaminas lipossolúveis, aminoácidos), hormônios, colesterol, bilirrubina e outras substâncias.

Houve redução significativamente dos teores de colesterol ($p < 0,0003$) e triglicerídeos ($p < 0,0001$). Onde os teores de colesterol sérico foram reduzidos pela inclusão dos níveis de 5 e 10% de GB. Os teores de triglicerídeos de foram reduzidos linearmente pela inclusão dos níveis de glicerina bruta.

De acordo com Santos et al. (2014), o colesterol é um dos constituintes da estrutura das membranas celulares, participa da síntese de ácidos biliares e hormônios

esteroides. Entretanto, níveis elevados de colesterol séricos podem ser relacionados a possíveis problemas cardíacos, portanto, a redução desta substância no organismo torna-se desejada, o que pode ser constatado neste estudo onde a utilização de glicerina bruta reduz os teores de colesterol, não causando prejuízos a saúde animal.

Resultados contrários foram relatados por Yalçın et al. (2010), que não observaram nenhuma influência significativa da glicerina na dieta sobre o nível de colesterol no sangue em poedeiras. Arif et al. (2017), também não encontraram nenhuma alteração do teor de colesterol de codornas japonesas em fase de postura alimentadas com diferentes níveis de glicerina bruta.

Resultados semelhantes foram observados por Ustundag et al. (2013) utilizando quatro níveis de glicerina, concluíram que os triglicerídeos séricos foram estatisticamente reduzidos em codornas fêmeas alimentadas com dieta suplementada com glicerina ao nível de 5%.

Na tabela 3 estão apresentados os resultados da qualidade externa e interna dos ovos de poedeiras alimentadas com nível de 5 e 10% de glicerina bruta. A qual não foi influenciada de forma significativa pela utilização dos níveis de 5 e 10 % de glicerina bruta.

Utilizando níveis de 5 e 10% de glicerina bruta os valores encontrados neste estudo podem ser classificados como “muito bom” ou “excelentes”, pois mesmo com o aumento do perfil lipídico das dietas os valores de unidade Haugh não são influenciados de forma significativa.

A unidade Haugh tem sido utilizada para controle de qualidade industrial dos ovos, sendo a principal medida de qualidade (OLIVEIRA et al., 2017). Resultados semelhantes foram observados por Cufadar et al. (2015), que concluíram que é possível substituir 75% do óleo de soja por aproximadamente 4,5% de glicerina na dieta, tornando-se uma fonte de energia alternativa para a alimentação de poedeiras sem influenciar de forma significativa a unidade Haugh dos ovos.

Tabela 3 - Qualidade de ovos de poedeiras alimentadas com dietas contendo níveis de glicerina bruta.

Variáveis	Níveis de glicerina (%)			P-valor	CV ¹	EMP ²
	0%	5%	10%			
Casca						
Peso da casca	6,16	5,91	5,97	0,1135	2,90	0,0867
Porcentagem de casca	10,03	9,59	9,59	0,2162	4,34	0,2106
Ovos Íntegros						
Peso do ovo	61,69	61,60	62,36	0,5153	3,97	1,2348
Gravidade específica	1,09	1,08	1,08	0,7848	0,76	0,0041
Unidade Haugh	86,14	91,55	85,45	0,1648	5,27	0,3035
Gema						
Peso da gema	15,08	15,09	15,30	0,9728	9,82	0,7444
Porcentagem de gema	24,45	24,54	24,57	0,9490	8,52	0,9385
Diâmetro de gema	38,70	38,10	38,90	0,8357	3,92	0,7538
Altura de gema	18,20	18,60	18,40	0,5049	3,42	0,3130
Cor da gema	4,90	4,90	4,60	0,1185	3,78	0,0898
Albúmen						
Peso do albúmen	40,45	40,59	41,08	0,6366	3,20	0,6522
Porcentagem de albúmen	65,51	65,86	65,51	0,9808	4,44	0,4562
Altura de albúmen	7,60	8,60	8,00	0,1160	4,52	0,1805

1Coeficiente de variação; 2Erro médio padrão. Letras maiúsculas nas linhas representam diferença significativa pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tal efeito não foi observado quando se utilizou os níveis de 5 e 10% de GB na dieta de poedeiras, onde as variáveis de gema e albúmen avaliadas não tiveram efeito significativo ($p>0,05$), o que mostra que a glicerina bruta pode ser uma alternativa na alimentação de poedeiras.

Segundo Gjorgovska et al. (2011), qualquer influência sobre o peso dos ovos, irá influenciar de forma significativa o peso dos componentes dos ovos, especialmente o albúmen e a gema. Swiatkiewicz & Koreleski (2009), concluíram que a glicerina bruta, obtida da produção de biodiesel, é uma fonte relativamente rica de energia, podendo ser incluída na dieta de poedeiras sem qualquer efeito prejudicial na qualidade interna dos ovos.

Neste estudo foi observado que os níveis de glicerina bruta reduziram o colesterol e triglicerídeos séricos, mas não afetaram a qualidade interna da gema, segundo Putra et al. (2015) os triglicerídeos e o colesterol são utilizados como materiais formadores de vitolegenina, a qual é sintetizada no fígado e embalada na forma de VLDL, em seguida, transferida para o folículo no ovário, dando origem a gema de ovo.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que a utilização dos níveis de 5 e 10 % de glicerina bruta na alimentação de poedeiras semipesadas, reduz os teores bioquímicos séricos de colesterol, triglicerídeos, cálcio e fósforo, porém, não causa nenhum efeito sobre a qualidade interna ou externa dos ovos.

REFERÊNCIAS

- ANP. Agência Nacional de Petróleo. Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis. 2018. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/images/publicacoes/anuarioestatistico/2018/anuario_2018.pdf> Acesso em: 02 fev. 2019.
- ARIF, M. et al. Impact of increasing crude glycerine levels in diet on growth, carcass traits, body measurements and blood cholesterol in growing Japanese quails. **Journal of Animal and Feed Sciences**, 26, 44-49, 2017. <https://doi.org/10.22358/jafs/69216/2017>
- ATTEH, J. O. et al. Effects of dietary levels and types of fat on performance and mineral metabolism of broiler chicks. **Poultry Science**, 62, 2403-2411, 1983. <https://doi.org/10.3382/ps.0622403>
- BESERRA, V. A. et al. Adoção da glicerina bruta na dieta animal e seu impacto no produto final. **Archivos de Zootecnia**, 65, 259-266, 2016. <https://doi.org/10.21071/az.v65i250.498>
- DUARTE, C. R. A. et al. Mixed crude glycerin in laying hen diets: live performance and egg quality and fatty acid profile. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, 16, 351-358, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/1516-635x1604351-358>
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia (UFLA)**, 38, 109-112, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>
- FONTINELE, G. S. P. et al. Resultados econômicos do uso da glicerina derivada do biodiesel na dieta de poedeiras semipesadas criadas no semiárido nordestino. **Informações Econômicas**, 45, 22-28, 2015.
- GJORGOVSKA, N. et al. External and internal quality of eggs produced from aged hens. **Lucrări Științifice**, 56, 342-345, 2011.
- LAMMERS, P. J. et al. Nitrogen-corrected apparent metabolizable energy value of crude glycerol for laying hens. **Poultry Science**, 87, 104-107, 2008. <https://doi.org/10.3382/ps.2007-00255>
- MENDES, F. R. et al. Qualidade bacteriológica de ovos contaminados com *Pseudomonas aeruginosa* e armazenados em temperatura ambiente ou refrigerados. **Ciência Animal Brasileira**, 15, 444-450, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/1089-6891v15i431244>
- MINAFRA, C. S. et al. Perfil bioquímico do soro de frangos de corte alimentados com dieta suplementada com alfa-amilase de *Cryptococcus flavus* e *Aspergillus niger* HM2003.

Revista Brasileira de Zootecnia, 39, 2691-2696, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982010001200020>

OLIVEIRA, A. C. G. et al. Indicadores de qualidade de ovos de galinha in natura. Boletim de extensão. Viçosa: Universidade Federal de Lavras, 2017.

PUTRA, S. H. J. et al. Profile triglycerides japanese quail (*coturnix coturnix japonica*) after giving turmeric (*curcuma longa*) powder. International Journal of Science and Engineering, 8, 65-68, 2015. <https://doi.org/10.12777/ijse.8.1.65-68>

REECE, W. O. Dukes - fisiologia dos animais domésticos. 13ª. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2017. 740p.

REZENDE, M. S. et al. Profile of serum metabolites and proteins of broiler breeders in rearing age. Revista Brasileira de Ciência Avícola, 19, 583-586, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9061-2016-0338>

ROSTAGNO, H. S. et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos. 3ª edição, Viçosa, MG: UFV; 2011. 252 p. Disponível em: < https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Tabelas+brasileiras++Rostagno_000gy1tqvm602wx7ha0b6gs0xfzo6pk5.pdf > Acesso em 23 Abril 2019.

SANTOS, F. R. et al. Desempenho e perfil sérico bioquímico de frangos de corte alimentados com rações contendo produtos homeopáticos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 15, 394-405, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-99402014000200010>

SCHMIDT, E. M. S. et al. Patologia clínica em aves de produção – Uma ferramenta para monitorar a sanidade avícola – revisão. **Archives of Veterinary Science**, 12, 9-20, 2007. <http://dx.doi.org/10.5380/avs.v12i3.10906>

SILVEIRA, H. et al.. Digestible and metabolizable energy of crude glycerin for finishing pigs. Acta Scientiarum. Animal Sciences, v.37, n.1, p. 41-45, 2015. <http://dx.doi.org/10.4025/actascianimsci.v37i1.24601>

SOUZA, C. et al. Produção e utilização da glicerina bruta na alimentação de frangos de corte. **Archivos de Zootecnia**, 66, 619-627, 2017. <https://doi.org/10.21071/az.v66i256.2781>

SUCHÝ, P. et al. The effect of replacing soybean oil with glycerol in feeding mixtures designed for utility layers on their production and state of health. Archives Animal Breeding, 55, 184-193, 2012. <https://doi.org/10.5194/aab-55-184-2012>

SWIATKIEWICZ, S. & KORELESKI, J. Effect of crude glycerin level in the diet of laying hens on egg performance and nutrient utilization. **Poultry Science**, 88, 615-619, 2009. <https://doi.org/10.3382/ps.2008-00303>

USTUNDAG, A. O. et al. Effect of glycerin supplemented diet fed different ages on growth performance and some blood parameters in Japanese quails. **Journal of International Scientific Publications: Agriculture and Food**, 1, 4-10, 2013.

YALÇIN, S. et al. Effects of glycerol on performance, egg traits, some blood parameters and antibody production to SRBC of laying hens. **Livestock Science**, 129, 129-134, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.01.014>

CAPÍTULO 11

ESTUDO SOBRE A ESPÉCIE SWIETENIA MACROPHYLLA KING, REGIÕES DE OCORRÊNCIA E CARACTERÍSTICAS SIVILCULTURAIS

STUDY ON THE SPECIES SWIETENIA MACROPHYLLA KING, REGIONS OF OCCURRENCE AND SIVILCULTURAL CHARACTERISTICS

*Liliane Correa Machado*¹

*Rafael Costa Paiva*²

*Victória Carolline do Moraes Gatti*³

*Josilene do Carmo Mesquita de Sousa*⁴

*Ana Ecídia de Araújo Brito*⁵

*Priscilla Andrade Silva*⁶

*Cândido Ferreira de Oliveira Neto*⁷

DOI: 10.46898/rfbc.9786558890225.11

1 Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. <https://orcid.org/0000-0002-5735-6011>. lilimachado.agro@gmail.com

2 Universidade Federal do Ceará. <https://orcid.org/0000-0003-4999-2971>. rafacospai@gmail.com.

3 Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0002-7400-1685>. victoriagatti.agro@gmail.com

4 Consultora Ambiental. <https://orcid.org/0000-0002-9964-6180>. josimesquita@yahoo.com.br

5 Universidade Federal Rural da Amazônia. <http://orcid.org/0000-0002-6927-0346>. ecidiabrito@hotmail.com

6 Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0002-2774-3192>. prisciandra@yahoo.com.br

7 Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0002-6070-0549>. candido.neto@ufra.edu.br

RESUMO

Em decorrência da considerável importância econômica do mogno (*Swietenia macrophylla* King) como madeira para diferentes fins, a partir da sua facilidade em se preservar de fungos e diferentes insetos, a característica de durabilidade e do seu meio de desenvolvimento, o presente estudo abrange uma revisão literária sobre a espécie e suas principais características, ademais, o meio em que a espécie melhor se desenvolve e como ocorre esse desenvolvimento, além da influência da prática de retirada da madeira e a proibição desta prática. Aborda também as principais características silviculturais, sua adaptação a diferentes solos e comportamento das suas sementes. Mesmo como uma espécie importante com fins financeiros, o mogno foi demasiadamente explorado e isso resultou em um cuidado e preocupação que colocaram o mogno na lista de espécies ameaçadas de extinção.

Palavras-chave: Mogno. Silviculturais. Extinção.

ABSTRACT

Due to the considerable economic importance of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) as wood for different purposes, due to its ease in preserving fungi and different insects, the characteristic of durability and its means of development, the present study covers a review literary about the species and its main characteristics, in addition, the medium in which the species best develops and how this development occurs, in addition to the influence of the practice of wood removal and the prohibition of this practice. It also addresses the main silvicultural characteristics, its adaptation to different soils and the behavior of its seeds. Even as an important species for financial purposes, the mahogany was overexploited, and this resulted in a care and concern that placed the mahogany on the list of endangered species.

Keywords: Mahogany. Silvicultural. Extinction.

1 INTRODUÇÃO

O mogno brasileiro pertence à família das *Meliaceae*, sua ocorrência natural abrange a América tropical desde o México até o Brasil, é uma das espécies madeireiras mais valiosas do Brasil atingindo em média altura de 30 a 40 metros com até 3,5 metros de diâmetro, apresentando com isso intensa extração nas últimas décadas, seu metro cúbico madeireiro pode chegar a valores de até US\$ 3.000,00, sendo classificada como uma espécie pioneira ou secundária tardia que se regenera em clareiras abertas a partir de grandes distúrbios na floresta, necessitando de solos férteis e profundos para o seu crescimento satisfatório (Figura 1) (COSTA et al., 2013).

Figura 1 - Plantas jovens de mogno.

Fonte: Os autores.

No Brasil, sua zona de ocorrência natural é a Amazônia Legal e as áreas com maior densidade de mogno encontram-se na zona de transição floresta-cerrado, no sudeste do Pará, e na porção central e norte de Rondônia. No entanto, basicamente o que inviabiliza os plantios comerciais de mogno nas regiões brasileiras, e que se constitui como o principal fator limitante à implantação de plantios comerciais, é o ataque da broca do ponteiro ou broca das meliáceas (*Hypsipyla grandella* Zeller) (Figura 2), sendo para o Estado do Pará um dos motivos do fracasso de plantios puros (a pleno sol) de mogno, ocorrido pela alta infestação da praga (GROGAN et al., 2002).

Figura 1 - *Hypsipyla grandella* Zeller.

Fonte: Howard; Merida (2004).

A presente pesquisa tem por objetivo abranger a espécie do mogno a partir de sua grande importância econômica e em contra partida sua vulnerabilidade, assim como suas regiões de maior abrangência e suas principais características.

2 DESCRIÇÃO DAS PLANTAS DO MOGNO

O mogno brasileiro é uma planta pertencente ao gênero *Swietenia* de espécie conhecida como *Swietenia macrophylla* King, da família *Meliaceae*. É caracterizada como uma árvore robusta que domina o dossel da floresta, sua casca apresenta coloração castanho-clara a acinzentada, áspera e provida de escamas planas separadas por fendas profundas, seu tronco pode atingir 3,5 metros de diâmetro e altura total de 70 metros com média de 30 m – 40 m (COSTA e al., 2013).

A copa da árvore do mogno quando jovem é estreita com o tamanho variando de 10 a 20 metros de diâmetro (LAMB, 1966; RIBEIRO, 2010). No caso de exemplares adultos, a copa é ampla, apresenta poucos galhos primários de tamanho grande, densa, fortemente ramificada e tende a ser irregular, podendo alcançar até 40 metros de diâmetro (LAMB, 1966; RIBEIRO, 2010); a mesma ainda apresenta raízes tubulares que podem atingir até 5 m na base do tronco, onde o pode alcançar cerca de 20 m – 25 m de altura antes da formação de galhos (COSTA et al., 2013). A árvore do mogno brasileiro quando adulta pode durar em torno de 25 anos (RIBEIRO, 2010).

A madeira produzida pelo mogno é moderadamente pesada (0,5 a 0,70 g/cm³), com boa trabalhabilidade, permitindo excelente acabamento, sendo utilizados para fabricação de mobiliários de luxo, painéis, lambris, adornos, molduras e assoalhos. Isto devido ao fato de ser durável e resistente ao ataque de fungos e insetos, ter boa textura, e alto rendimento volumétrico (PINHEIRO, 2000; RIBEIRO, 2010). A espécie é conhecida pelos nomes comuns de: acaju, american mahogany, caoba, mahagoni, mahogany, aguano, araputanga, cedro-aguano, cedro-mogno, mara, mara-vermelho, mogno-aroeira, mogno-branco, mogno-brasileiro, mogno-cinza, mogno-claro, mogno-escuro, mogno-peludo, mogno-rosa, mogno-róseo, mogno-vermelho, mogno sul americano (PINHEIRO, 2000).

De acordo com o sistema de classificação de Cronquist, a posição taxonômica do mogno brasileiro segue uma hierarquização, no qual sua classificação botânica se dá pela divisão Magnoliophyta, da classe Magnoliopsida, com ordem Sapindales de família Meliaceae, com gênero *Swietenia* e espécie conhecida como *Swietenia macrophylla* King. (CARVALHO, 2003). E segundo Costa et al. (2013) o mogno brasileiro é classificado como uma espécie monóica, mas freqüentemente dióica, com flores funcionalmente masculinas ou femininas, além de ser considerada uma espécie heliófila, sendo reconhecido como tolerante a moderados níveis de luz, podendo desta forma, desenvolver - se em clareiras apresentando ótimos estágios de crescimentos.

3 REGIÕES DE OCORRÊNCIA NATURAL

A área de ocorrência do mogno brasileiro na América Latina estende-se desde o México, passando pela costa atlântica da América Central, até um amplo arco da América do Sul, incluindo o Brasil, principalmente na Amazônia e na região sul do Pará (LORENZI, 1996). O mogno apresenta ampla distribuição geográfica, que abrange desde a região tropical e subtropical da América, África e Ásia (COSTA, 2000), tendo seu desenvolvimento principalmente em zonas de transição, como: florestas subtropicais secas e florestas subtropicais úmidas, segundo (RIBEIRO, 2010).

Os primeiros relatos a respeito do mogno ocorreram em Honduras e no Brasil sua principal ocorrência se dá nas florestas do sul da região Amazônica. De acordo com Lamb (1966) o mogno brasileiro ocorre naturalmente em sete estados brasileiros, sendo eles: Maranhão, Tocantins, Pará, Mato Grosso, Rondônia, Acre e parte sul do estado do Amazonas.

As descrições na América do Sul enfatizam a associação do mogno com as cabeceiras dos rios de várzea na Amazônia Ocidental. Nas florestas do Equador, Peru, Bolívia e oeste do Brasil, pesquisadores descreveram a ocorrência do mogno em maior densidade nos solos secos e firmes situados um pouco acima das florestas alagadas, onde as enchentes ocorrem esporadicamente (GROGAN et al., 2002; NEVES et al., 2016).

O mogno brasileiro encontra-se geralmente nas florestas classificadas como tropicais secas, que geralmente apresenta temperatura média anual de 24° C e precipitação anual entre 1.000 mm a 2.000 mm, podendo o mesmo ser também encontrado em florestas úmidas e zonas subtropicais (GULLISON et al. 1996; TEREZO, 2002). A espécie também pode apresentar crescimentos em uma variedade de tipos de solos aluvial, alcalino, vulcânico, metamórfico e material calcário e sob diferentes condições, tais como solos profundos, rasos, ácidos, alcalinos, argilosos e bem drenados segundo Ribeiro (2010).

A estação seca, conforme Lamb (1966), proporciona boas condições para abertura de frutos maduros de mogno, além de favorecer a dispersão de suas sementes aladas, não tolerando longos períodos de seca e nem geadas.

Topograficamente segundo Lamb (1966) e Ribeiro (2010) plantas de mogno brasileiro ocorrem em densidades maiores nos solos de terra-firme e seco e em solos com depressões topográficas, ácidos e mal drenados, capaz de apresentar bom estágio de desenvolvimento nestas áreas, assim como em solos alcalinos e bem drenados nas regiões de alto relevo (GROGAN et al., 2002).

De acordo com Grogan (2002) a espécie também pode ser encontrada em solos hidromórficos quanto em solos de podzólicos, havendo ocorrência em florestas periodicamente alagadas da Amazônia Ocidental (Acre e Amazonas); em terrenos levemente ondulados formado por ricos solos de terra roxa (Rondônia); em áreas relativamente planas sobre solos pobres em nutrientes e argila derivadas do Pré-cambriano (Pará e Mato Grosso); em elevações formadas por granitos (Sudeste do Pará) e, nas serras acima de 700 metros de altitude, tais como a Serra do Cachimbo no Sudoeste do Pará (GROGAN, 2002).

O mogno brasileiro é uma das espécies de maior valor madeireiro mundialmente, devido às ótimas propriedades físicas, mecânicas e estéticas da madeira e de grande aceitação no mercado. Devido essa importância no cenário mundial, o mogno tem sido intensamente explorado nas últimas décadas em suas áreas de ocorrência natural na América tropical, levando a espécie à ameaça de extinção, proibição do corte e inclusão na lista de espécies ameaçadas de extinção do IBAMA e no anexo II da Convenção sobre o Comércio Internacional de Espécies (IBAMA, 2017).

4 CARACTERÍSTICAS SILVICUTURAIS DO MOGNO

O mogno é classificado como espécie secundária tardia, regenerando-se em clareiras abertas na floresta e suas sementes com características aladas, sendo, portanto, dispersas pelo vento (PENNINGTON et al. 1988). Uma árvore adulta de mogno brasileiro pode produzir cerca de 600 frutos ou 30.000 sementes anualmente, na qual a maioria delas é dispersa a cerca de 80 m da árvore matriz principalmente na direção dos ventos mais fortes e durante o final da estação seca. No entanto, tal acontecimento pode ocorrer atraso na germinação em ambientes secos, como as clareiras criadas por distúrbios (RIBEIRO, 2010).

Segundo Lemes et al., (2003), a germinação das sementes de mogno é classificada como hipógea e criptocotiledonar, no qual as mesmas não necessitam de nenhum tratamento pré-germinativo. Estudos relatam que o substrato vermiculita tem apresentado melhor resultado na germinação em comparação à areia e à terra preta penetrada. Com relação a germinação das sementes, as mesmas devem ser colocadas no substrato, preferivelmente com a parte da ala voltada para baixo, e cobertas com uma camada de 1 cm do mesmo substrato, sendo sua emergência inicial aproximadamente aos 18 dias com termino aos 40 dias após a semeadura, com tempo médio de 22 dias e porcentagem de até 100% (PINTO, 2012).

Lima Júnior e Galvão (2005) ao avaliar a germinação de sementes de mogno brasileiro verificaram que a tolerância das mesmas à dessecação indica um comportamento ortodoxo, porém, ao considerar que o armazenamento à temperatura subzero abreviou a longevidade da semente, passaram a classificar como sementes de caráter intermediárias. Desse modo, inferiu-se que as sementes de mogno brasileiro podem ser armazenadas secas (grau de umidade entre 4 e 5%), em embalagens impermeáveis e sob temperatura de 2-5 °C, por até 8 anos.

As plantas jovens de mogno brasileiro requerem alta luminosidade e abertura de dossel para crescer rapidamente em altura. Nas florestas nativas, a taxa de incremento diamétrico para árvores com DAP maior que 10 cm varia de 0,26 cm a 1,09 cm anualmente. Em alguns casos, as árvores menores (DAP < 50 cm) podem obter crescimento

diamétrico superior a 2 cm por ano durante a fase de estabelecimento (LAMB 1966; GULLISON et al. 1996).

Por ser uma espécie rara na floresta, o mogno brasileiro apesar de ser encontrada em agrupamentos de clareiras abertas naturalmente ou por ação antrópica, no geral, a sua baixa distribuição e densidade de indivíduos nas florestas, na média de uma árvore por hectare, pode ser uma estratégia de escape ao ataque da broca para garantir sua perpetuação (CARVALHO, 2003).

Apesar de ser considerada uma espécie heliófila, o mogno tem sido reconhecido como tolerante a moderados níveis de luz, podendo sobreviver sob o dossel (PINTO, 2012), por causa do baixo ponto de compensação de luz (CARVALHO, 2003). Por isso, quando o mogno ocorre em clareiras, as mudas apresentam bom estágio de desenvolvimento (TEREZO, 2002), contudo, há informações oferecidas por Gullison et al. (1996) de que as plantas podem resistir até seis anos em condições de baixa luminosidade.

Os eventos reprodutivos são anuais e podem ser observados a partir dos 12 aos 15 anos de idade de mogno e sua época de ocorrência varia em função da localização geográfica, para Ribeiro, (2010) uma árvore adulta pode produzir anualmente até 600 frutos, sendo que cada fruto pode conter entre 22 e 71 sementes e o número de sementes aladas por quilograma pode variar de 1.660 a 2.300 unidades com peso de 1.000 sementes aladas em variação de 430 a 600 g e o teor de água em sementes frescas variando de 32 a 37 %.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mogno apresenta diversas vantagens para que o consumo de sua madeira seja bem aceito comercialmente, como o fato de ser durável, resistente a diversos fungos e insetos, boa textura, além de ser resistente a moderados níveis de luz o que resulta no bom desenvolvimento em clareiras. Também se adapta a diferentes tipos de solo, seu valor econômico é alto, no entanto, com a grande ocorrência de retiradas dessas árvores em busca de rendimento econômico, essa prática foi proibida e a espécie entrou para uma lista de risco de extinção.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, P. **Espécies arbóreas brasileiras** 1.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 1.039 p.

COSTA, J. R.; MORAES, R. R. de; CAMPOS, L. S.; Cultivo e manejo do mogno (*Swietenia macrophylla* King.). **Boletim Técnico**. Embrapa Amazônia Ocidental, nº114, 2013.

COSTA, M. S. da; FEITOSA, C. T. L.; CRUZ, S. S. da; RIBEIRO S. B.; MORAIS, A. B. F.; OLIVEIRA, M. G. de. Crescimento do mogno em sistema silvipastoril. **Revista Agroecossistemas**, v. 5, p. 53-57, 2013.

COSTA, M.; **Controle de *Hypsipyla grandella* Zeller (Broca do Mogno) Utilizando a planta resistente *Toona ciliata* Roem (Cedro australiano) e os Métodos Mecânico e Cultural no Plantio de *Swietenia macrophylla* King (Mogno)**. Dissertação de Mestrado apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém/PA, 2000.

GROGAN, J.; BARRETO P.; VERÍSSIMO A. **Mogno na Amazônia brasileira: ecologia e perspectivas de manejo**. Belém: Imazon, 2002. 40p.

GULLISON, R. E.; PANFIL, S. N.; STROUSE, J. J.; HUBBELL, S. P. Ecology and Management of mahogany (*Swieteniamacrophylla*, King) in the Chimanes Forest. Beni, Bolivia. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 9, p. 47 - 57. 1996.

IBAMA. **Recursos florestais**. Disponível em:<www.ibama.gov.br>. Acesso em: 12 dez. 2017.

LAMB, F. B. **Mahogany of Tropical America: its Ecology an Management**. Ann Arbor: University of Michigan. 1966. 220 p.

LEMES, M. R.; GRIBEL, R.; PROCTOR, J.; GRATTAPAGLIA, D. Population genetic structure of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) across the Brazilian Amazon based on variation of microsatellite loci: implication and conservation. **Molecular Ecology**, v. 12, P. 2875 – 2883, 2003.

LIMA JUNIOR, M. J. V.; GALVÃO, M. S. Mogno (*Swietenia macrophylla* King.). **Informativo Técnico Rede de Sementes da Amazônia**. 2005.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa. SP: Ed. Plantarum, v.1. 1996.

NEVES, P. A. P. F. G.; PAULA, M. T.; AMARANTE, C. B.; CARNEIRO, B. S.; FAIAL, K. C. F.; MENDES, L. C. S.; BOTERO, W. G.; SERRÃO, C. R. G.; DANTAS FILHO, H. A., Determinação de metais em espécies florestais da amazônia. **Revista Virtual de Química**. v. 8, p. 87-97, 2016.

PENNINGTON, T. D.; SARUKHÁN, J. **Árboles Tropicales de México: manual para la identificación de las principales especies**. 2. ed. México: Universidade Nacional Autónoma de México: Fonde de Cultura Económica, 1998. 521 p.

PINHEIRO, A. L. Resistência do mogno (*Swietenia macrophylla* King) à *Hypsiyla* Zeller. Folha Florestal. **Informativo Técnico**. Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, nº97, 2000.

PINTO, F. **Calogênese e indução de gemas axilares em mogno (*Swietenia macrophylla* King)**. Dissertação de Mestrado em Agronomia apresentado à Universidade Federal do Paraná - Curitiba/PR, 2012.

RIBEIRO, A. de M. B. **Controle químico da broca das meliaceas *Hypsipyla grandella* Zeller (lepidoptera: pyralidae) em mogno sul americano (*Swietenia macrophylla***

King). Dissertação de Mestrado apresentada á Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - Botucatu/SP, 2010.

TEREZO, E. F. DE M. **Status do mogno (*Swietenia macrophylla king*) na Amazônia Brasileira.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2002. 47 p.



CAPÍTULO 12

OS EFEITOS DO CÁDIMO (Cd) NO SOLO E NAS PLANTAS

THE EFFECTS OF CÁDIMO (Cd) ON SOIL AND PLANTS

*Liliane Correa Machado*¹

*Rafael Costa Paiva*²

*Victória Carolline do Moraes Gatti*³

*Jéssica Taynara da Silva Martins*⁴

*Thays Correa Costa*⁵

*Priscilla Andrade Silva*⁶

*Cândido Ferreira de Oliveira Neto*⁷

DOI: 10.46898/rfbe.9786558890225.12

¹ Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. <https://orcid.org/0000-0002-5735-6011>. lilimachado.agro@gmail.com

² Universidade Federal do Ceará. <https://orcid.org/0000-0003-4999-2971>. rafacospai@gmail.com

³ Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0002-7400-1685>. victoriagatti.agro@gmail.com

⁴ Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. <https://orcid.org/0000-0002-0747-3201>. jessicamartins1609@gmail.com

⁵ Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. <https://orcid.org/0000-0003-4300-6798>. thayscosta.agro@gmail.com

⁶ Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0002-2774-3192>. prisciandra@yahoo.com.br

⁷ Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0002-6070-0549>. candido.neto@ufra.edu.br

RESUMO

Os metais pesados estão presentes naturalmente nos solos, a contaminação por metais pesados, no entanto, ocorre pela junção dos metais já presentes naturalmente com os metais provenientes das ações antrópicas, os metais pesados não essenciais, são a maior preocupação em relação às contaminações já que são prejudiciais mesmo em concentrações pequenas. O cádmio é um metal de alto risco ao meio ambiente e é negativo ao crescimento das plantas e usado para fabricação de plásticos coloridos e outros elementos, além de apresentar um grande risco ambiental. A contaminação por cádmio é de grande importância pois pode acarretar em contaminação por meio da alimentação já que tem facilidade em se agregar às plantas e por se concentrar na parte superficial do solo e tem uma longa persistência no mesmo, além de contaminar os lençóis freáticos. Outra importante implicação sobre a contaminação por cádmio em plantas, é a influência dele no crescimento e metabolismo das plantas, desencadeando inúmeras alterações que acabam afetando o desenvolvimento da cultura. Dessa forma, o presente trabalho tem por objetivo apresentar os metais pesados assim como o cádmio, a contaminação e os efeitos decorrentes da toxidez deste elemento sobre as plantas.

Palavras-chave: Contaminação. Risco. Toxidez. Alterações.

ABSTRACT

Heavy metals are naturally present in soils, contamination by heavy metals, however, occurs by the joining of metals already present naturally with metals from anthropic actions, non-essential heavy metals, are the biggest concern in relation to contamination since they are harmful even in small concentrations. Cadmium is a high-risk metal for the environment and is negative for plant growth and used for the manufacture of colored plastics and other elements, in addition to presenting a great environmental risk. Cadmium contamination is of great importance as it can lead to contamination through food since it is easy to aggregate to plants and to concentrate on the superficial part of the soil and has a long persistence in it, in addition to contaminating groundwater. Another important implication on cadmium contamination in plants is its influence on plant growth and metabolism, triggering countless changes that end up affecting the development of the crop. Thus, the present work aims to present heavy metals as well as cadmium, contamination and the effects resulting from the toxicity of this element on plants.

Keywords: Contamination. Risk. Toxicity. Changes.

1 INTRODUÇÃO

Os metais estão entre os contaminantes ambientais mais comuns e seu comportamento nos diferentes compartimentos merece destaque, principalmente por serem não degradáveis, permanecendo assim por longos períodos no ambiente, ciclando nos compartimentos ambientais. Esses metais podem ser originários de processos litogênicos e antropogênicos, estando relacionadas às fontes geológicas, como resíduos de rochas e processo de intemperismo, como também às atividades humanas pela utilização de fertilizantes em zonas agrícolas e nas atividades mineradoras (NEVES et al., 2016).

Neste contexto, o cádmio (Cd) a exemplo de um metal pesado e elemento-traço presente em diversas concentrações nos solos, classificado como um elemento não essencial pode atuar nas plantas como um potente inibidor de enzima, causando desta maneira diversos danos celulares no vegetal, mesmo em baixas concentrações. A exposição das plantas a esse elemento-traço resulta na degeneração das mitocôndrias e mitose, além de danificar o aparelho fotossintético (GILL; TUTEJA, 2010). Os solos agrícolas também podem apresentar acúmulo de Cd, devido à aplicação de fertilizantes fosfatados, adubos, resíduos de indústrias metalúrgicas e águas residuais não tratadas (AHMAD et al., 2012; LEE et al., 2013; OK et al., 2011).

O acúmulo de metais pesados em solos agrícolas é um aspecto de grande preocupação quanto à segurança ambiental, podendo ser potencialmente poluente nos organismos do solo, através da disponibilidade às plantas em níveis fitotóxicos e da possibilidade de transferência para a cadeia alimentar, por meio das próprias plantas, ou pela contaminação das águas de superfície e subsuperfície (SOARES et al., 2005). O Cádmio (Cd) é um elemento-traço presente em diversas concentrações nos solos e, devido a sua toxicidade, está na lista prioritária de substâncias tóxicas (ATSDR, 2011).

Considerando a importância do mogno na Amazônia e os impactos que a contaminação por metais pesados pode acarretar para a cultura, este trabalho objetivou levantar uma revisão a respeito da influência do cádmio no metabolismo do nitrogênio em plantas e os efeitos recorrentes da toxidez.

2 METAIS PESADOS OU ELEMENTOS-TRAÇO

Metal pesado é todo elemento com alto caráter tóxico, densidade maior que 6 g cm⁻³ e que apresenta relação direta com poluição (SANTOS; BATISTA, 2015). Podem ser divididos em essenciais e não essenciais. Os essenciais estão presentes naturalmente em todos os organismos; porém, quando em concentrações elevadas podem ser

tóxicos. Os considerados não essenciais são prejudiciais em concentrações mínimas e não apresentam efeitos benéficos aos organismos (CHANDRASEKARAN et al., 2015).

Os metais pesados diferenciam-se dos compostos orgânicos tóxicos por serem absolutamente não degradáveis, podendo acumular-se no meio ambiente, onde apresentam alta toxicidade (BAIRD, 2002). Esses elementos podem ser encontrados naturalmente no solo em concentrações que variam de μg a mg kg^{-1} , as quais são inferiores às consideradas tóxicas para diferentes organismos vivos. Alguns desses metais, a exemplo do Cobalto (Co), Cobre (Cu) e Zinco (Zn), são elementos essenciais às plantas, entretanto, o emprego de fungicidas, fertilizantes, esterco de animais, lixo urbano, lodo de esgoto no solo e a deposição de poeiras industriais poderá elevar as concentrações destes metais e de outros, como o Cádmio (Cd) e o Chumbo (Pb), até níveis considerados tóxicos (MARSOLAAZAWA; PAVAN, 2005).

Naturalmente, os metais pesados estão presentes nos solos e em rochas, desde o seu processo de formação, no qual esses elementos químicos apresentam densidade maior que 5 g cm^{-3} , sendo também denominados como elementos-traço, por serem encontrados naturalmente em baixas concentrações na crosta terrestre, porém, atualmente o solo tem se apresentado cada vez mais com maiores concentrações desses metais, o qual é transferido para a cadeia alimentar dos animais e do homem. O aumento dos teores destes metais está associado à aplicação de corretivos e fertilizantes agrícolas, a produtos como lodo de esgoto, compostos de lixo urbano e resíduos de indústria ou mineração, e a utilização de água de irrigação contaminada (FERNANDES, 2007).

Segundo Benavides et al. (2005) dos 92 elementos químicos que ocorrem naturalmente na crosta terrestre, 53 são metais pesados. Entre estes metais, o Ferro (Fe), Molibdênio (Mo), Manganês (Mn), Zinco (Zn) e Cobre (Cu) são considerados importantes como elementos micronutricionais, enquanto que a Prata (Ag), Arsênio (As), Mercúrio (Hg), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb) e Antimônio (Sb) são aqueles que pertencem a um grupo de elementos que não têm características benéficas e nem essenciais para os organismos vivos, produzindo efeitos danosos para as funções metabólicas normais, mesmo quando presentes em quantidades traços devido ao seu poder de toxicidade e bioacumulação. Isso porque, os mesmos podem se concentrar nos solos e ser absorvidos pelas plantas em quantidades suficientes para afetar negativamente o seu desenvolvimento e ou até mesmo saúde dos consumidores (FIRME et al., 2014).

Contaminações ocorrem quando os metais pesados provenientes de atividades antrópicas somam-se aqueles de origem natural, causando efeitos adversos, somado a isso, a acumulação deles frequente na camada superficial do solo (0-20cm), também conhecida como camada “agricultável”, torna-se acessíveis às raízes das plantas

e, por consequência, são acumuláveis nos organismos vivos, sendo causa de intoxicação (FIRME et al., 2014). Esses elementos interferem nos processos enzimáticos e, em consequência de sua baixa mobilidade, exercem efeitos acumulativos nos seres vivos. Isso faz com que provoquem alterações no metabolismo, podendo levar até mesmo a morte de organismos (SOUZA, 2014).

3 CÁDMIO (CD)

O cádmio é um metal não essencial à vida (ANJOS, 2003; UNEP, 2010), apresentado, na tabela periódica, com o símbolo Cd, de número atômico 48 e número de massa 112,40, ocupando, ao lado do Zn, geralmente carbonatos, o que explica as várias propriedades físicas e químicas semelhantes e do Hg como estrutura iônica e eletronegatividade, formando o grupo 12 da tabela periódica (SISINNO, 2013).

Apresenta-se como um metal branco-prateado (cinza claro) de brilho metálico e estado de oxidação +2. Tem um aspecto mole, dúctil, maleável e de fácil oxidação em contato com o ar, o que torna sua superfície escura. Apresenta uma condutividade térmica a 18 °C, 22% em relação à prata, enquanto que a condutividade elétrica é de apenas 21,5% (MAINIER; SANTOS, 2006; SISINNO, 2013).

Pode ser obtido industrialmente pelo processo carbotérmico ou por meio de eletrólise de soluções de íons Cd_2^+ , sobretudo de soluções de sulfeto de cádmio. No primeiro processo, o óxido de cádmio é reduzido por carvão com a reação: $2\text{CdO} + \text{C} \rightarrow 2\text{Cd} + \text{CO}_2$; no segundo, diz respeito à obtenção do cádmio de alta pureza (MAINIER; SANTOS 2006).

Em relação aos seus isótopos, são encontrados oito na seguinte forma: 106 (1,21%), 108 (0,88%), 110 (12,39%), 111 (12,75%), 112 (24,07%), 113 (12,26%), 114 (28,86%), 116 (7,58%) e dois radioisótopos, 109 e 115 (AZEVEDO; CHASIN, 2003).

Entre os metais pesados, o Cd destaca-se por apresentar maior risco ambiental, em razão do seu uso intenso, toxicidade e ampla distribuição, além de ser um elemento não essencial que afeta negativamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas, sendo vastamente utilizado na fabricação de plásticos coloridos, pigmento de tintas, fabricação de baterias de automóveis, entre outros (BAIRD, 2002).

4 CONTAMINAÇÃO POR CÁDMIO (CD) NO SOLO

A intensa utilização de fertilizantes e pesticidas de forma inadequada, juntamente com o aumento das atividades industriais e de mineração, são as principais fontes causadoras da contaminação dos solos e dos corpos d'água por metais pesados, gerando uma grande preocupação com o nível de contaminação por metais pesados,

principalmente referente a capacidade de retenção destes metais pelo solo, da sua movimentação neste, da possibilidade de atingirem o lençol freático e, sobretudo, da sua absorção pelas plantas, podendo atingir, assim, a cadeia alimentar (FIRME et al., 2014).

Silva et al. (2007) reportam que o acúmulo de metais pesados em solos agrícolas é um aspecto de grande preocupação quanto à segurança ambiental, pois de acordo com Soares et al. (2005) os mesmos podem expressar seu potencial poluente diretamente nos organismos do solo, pela disponibilidade às plantas em níveis fitotóxicos, além da possibilidade de transferência para a cadeia alimentar, por meio das próprias plantas, ou pela contaminação das águas de superfície e subsuperfície.

Dentre os vários metais poluentes, segundo a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos, o chumbo (Pb) e o cádmio (Cd) são os elementos que merecem maior destaque, já que a contaminação dos solos por esses metais apresenta riscos, como a contaminação dos lençóis freáticos, toxidez de plantas e animais (FREITAS et al., 2009). A Tabela 1, descrita a baixo, representa em níveis naturais a presença de cádmio no meio ambiente.

Tabela 1 - Níveis naturais do cádmio no meio ambiente.

Atmosfera	0,1 a 5 ng/m ³
Crosta Terrestre	0,1 a 0,5 mg/g
Sedimento Marinho	~ 1 mg/g
Água do Mar	~ 0,1 mg/L
Água Doce	~ 1 µg/L

Fonte: International Cadmium Association (ICA), Bélgica e CETESB, Brasil, 2017.

O cádmio é uma importante fonte de contaminação em virtude de sua longa persistência no solo, o que facilita sua bioacumulação. Um solo considerado contaminado por cádmio, segundo os padrões de qualidade do solo, pode variar de 1 a 3 mg Kg⁻¹ segundo diretrizes da comunidade europeia, e até 20 mg Kg⁻¹, segundo USEPA dos E.U.A (ALLOWAY, 1995).

O Cd encontra-se presente no solo, em solução, sobre a forma de catião divalente, Cd₂⁺ (espécie mais tóxica do Cd), sendo conhecido por formar íons complexos com o cloro, grupo hidroxilo, o bicarbonato e o sulfato. A adsorção do Cd no solo depende fortemente do valor de pH, sendo que a mobilidade deste metal diminui com o aumento da alcalinidade. A quantidade de matéria orgânica do solo também influencia a mobilidade do Cd no solo. Outro fator bastante importante na mobilidade do Cd no solo é a presença de óxidos de ferro e manganês (ALLOWAY, 1995).

5 EFEITO DA TOXIDEX POR CÁDMIO (CD) NAS PLANTAS

As plantas desenvolvidas em um ambiente contaminado por metais pesados podem responder de diferentes formas a essa contaminação. Elas podem ser sensíveis, exibindo sintomas de toxicidade, ou tolerantes, desenvolvendo mecanismos que evitam os efeitos deletérios desses elementos e consequentemente permitindo o melhor desenvolvimento das plantas (LASAT, 2002).

Segundo Horn et al. (2006), a absorção de nutrientes pelo sistema radicular, tanto em solos quanto em solução nutritiva, varia conforme sua morfologia e fisiologia e pode acontecer por meio de interceptação radicular, fluxo de massa ou difusão, além de serem absorvidos em taxas diferenciadas de acordo com a necessidade de cada vegetal. Os nutrientes podem ser classificados em macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S), exigidos em maior quantidade pelo vegetal e micronutrientes (B, Cl, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Se e Zn), exigidos em quantidades menores (CASTRO, 2007, SOUZA, 2010). Entre os micronutrientes aparecem vários metais pesados classificados como essenciais: Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn, que são elementos indispensáveis para o desenvolvimento das plantas; benéficos: Co, Na, Se e Si, que colaboram com o desenvolvimento das plantas, mas sua falta não é considerada um fator limitante e não essenciais ou tóxicos: Cd, Cr, Hg, Pb, entre outros, sendo elementos prejudiciais às plantas (GONÇALVES et al., 2000).

A presença de metais pesados, ao afetar o índice de translocação dos minerais nos vegetais, pode provocar uma série de desarranjos fisiológicos nas plantas, pois se passa a ter deficiência ou excesso de determinados nutrientes na parte aérea, o que prejudica o desenvolvimento e o crescimento normal das plantas (PAIVA et al., 2001).

A membrana plasmática é a primeira estrutura viva que pode ter sua função afetada pelos metais pesados, uma vez que é a primeira a estabelecer uma relação com esses contaminantes. Diversos estudos demonstraram aumento nos extravasamentos das células por danos causados à membrana plasmática pelos metais tóxicos (MADEIRA, 2014).

Estudos demonstram que toxicidade por cádmio, a exemplo de um metal pesado, causa estresse oxidativo nas plantas, afetando de maneira negativa seu crescimento e metabolismo, desencadeando alterações bioquímicas, fisiológicas e moleculares que limitam a produtividade das culturas (MADEIRA, 2014).

Mesmo quando presente em baixas concentrações, o Cd pode causar estresse oxidativo e desnaturação de proteínas, resultando em redução na atividade enzimática e na fotossíntese, danos às membranas, clorose, dentre várias outras mudanças meta-

bólicas, assim como alteração do balanço nutricional das plantas (KURDIZIEL et al., 2004; LOSCH, 2004).

A quantidade de Cd que se acumula nas raízes ou que é translocado para as folhas e a intensidade dos seus efeitos sobre as plantas variam consideravelmente entre as espécies e são dependentes de vários fatores, incluindo a concentração e duração da exposição ao metal (Rodríguez-Serrano et al., 2006). Normalmente, o Cd é retido nas raízes e apenas pequenas quantidades são transportadas para as folhas (VITÓRIA et al., 2001).

Souza et al. (2011) reportam que os metais pesados afetam o crescimento, a distribuição e o ciclo biológico das espécies, sendo o uso de plantas tolerantes uma alternativa importante do ponto de vista ambiental, na recuperação de áreas, e econômico com uso de espécies cultivadas que sejam tolerantes a essa condição adversa.

Delite (2007) reporta que, em plantas de aguapé cultivadas por oito dias em água contendo 0,05 e 0,50 mM de CdCl_2 com relação ao metabolismo do nitrogênio as plantas apresentaram uma atividade da enzima nitrato redutase mais elevada em folhas após oito dias de exposição. A quantidade de nitrato encontrada nas folhas foi menor que a encontrada em raiz exceto em plantas submetidas à dose maior do metal por oito dias.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A importância de conhecer os metais pesados e como eles se comportaram no solo, é fundamental para um controle da influência dos mesmos no solo e nas culturas. Metais pesados como o cádmio, são altamente problemáticos e acarretam em inúmeros problemas como a intoxicação aos seres vivos, já que mesmo em proporções mínimas ele já é altamente danoso, além de afetar fortemente o desenvolvimento de plantas, sendo assim, o que se é proposto são os usos de determinadas plantas com maior tolerância a toxidez causada por metais.

REFERÊNCIAS

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. Toxicological profile for cadmium. Atlanta: U.S. **Public Health Service**, p. 487, 2011.

AHMAD, M. et al. Eggshell and coral wastes as low cost sorbents for the removal of Pb^{2+} , Cd^{2+} and Cu_2^+ from aqueous solutions. **Journal of Industrial and Engineering Chemistry**, v. 18, p. 198 - 204, 2012.

ALLOWAY, B. J., (1995). Cadmium. In.: Alloway, B.J. **Heavy Metals in Soils**. (2ª ed., cap. 5, pp. 122 - 147). London: Blackie Academic & Professional.

ANJOS, J. A. S. A. **Avaliação da eficiência de uma zona alagadiça (wetland) no controle da poluição por metais pesados: o caso da Plumbum em Santo Amaro da Purificação/BA.** Tese de Doutorado em Engenharia Mineral apresentado à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo/SP, 2003.

AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. M. Metais Gerenciamento da toxicidade. Belo Horizonte: **Atheneu**, 2003. 554 p.

BAIRD, C. **Química ambiental.** Porto Alegre: Bookman, 2002. 579 p.

BENAVIDES, M.; GALLEGOS, S.; TOMARO, M. Cadmium toxicity in plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 17, p. 21-24, 2005.

CASTRO, A. C. Deficiência de macronutrientes em helicônia 'Golden Torch'. **Química Nova**, v. 31, p.1 -102, 2007.

CHANDRASEKARAN, A.; RAVISANKAR, R.; HARIKRISHNAN, N.; SATAPATHY, K.K.; PRASAD, M.V.R.; KANAGASABAPATHY, K.V. Multivariate statistical analysis of heavy metal concentration in soils of Yelagiri Hills, Tamilnadu, India – Spectroscopical approach. **Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, v. 137, p. 589-600, 2015.

DELITE, F. S., **Resposta antioxidativa de aguapé sob estresse por cádmio.** Tese de Doutorado em ecologia aplicada apresentado à Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba/SP. 2007.

FERNANDES, R. B. A.; LUZ, W. V.; FONTES, M. P. F. e FONTES, L. E. F. Avaliação da concentração de metais pesados em áreas olerícolas no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental [online]**. v.11, p. 81-93, 2007.

FIRME, L. P.; VILLANUEVA, F. C. A.; RODELLA, A. A. Solo contaminado com cádmio: extratibilidade do metal e cinética química de degradação da matéria orgânica de torta de filtro. **Revista Química Nova**, v. 37, p. 956-963, 2014.

FREITAS E. V. S., NASCIMENTO C. W. A., GOULART D. F., SILVA J. P S.; Disponibilidade de Cádmio e Chumbo para Milho em Solo Adubado com Fertilizantes Fosfatados. **Rev. Bras. de Ciênc. do Solo**, v.33, p. 1899-1907, 2009.

GILL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 48, p. 909-930, 2010.

GONÇALVES JÚNIOR, A. C.; LUCHESE, E. B.; LENZI, E. Avaliação da fitodisponibilidade de cádmio, chumbo e crômio, em soja cultivada em Latossolo vermelho escuro tratado com fertilizantes comerciais. **Química Nova**, v. 23, p. 173-177, 2000.

HORN, D.; ERNANI, P. R.; SANGOI, L.; SCHWEITZER, C.; P. C. CASSOL. Parâmetros cinéticos e morfológicos da absorção de nutrientes em cultivares de milho com variabilidade genética contrastante. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 77-85, 2006.

KURDZIEL, B.M.; PRASAD, M.N.V.; STRZALKA, K. **Photosynthesis in heavy metal stressed plants**. In: PRASAD, M.N.V. Heavy metal stress in plants: From biomolecules to ecosystems. 2nd ed. Springer, printed in India, p. 146-181, 2004.

LASAT, M. Phytoextraction of toxic metals: a review of biological mechanisms. **Journal of Environmental Quality**, v. 31, p. 109, 2002.

LEE, S. S. ; LIM, J. E.; EL-AZEEM, S. A. M. A. ; CHOI, B. ; OH, S.-E. ; Moon, D. H. ; Ok, Y. S. Heavy metal immobilization in soil near abandoned mines using eggshell waste and rapeseed residue. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 20, p. 1719-1726, 2013.

LÖSCH, R. Plant mitochondrial respiration under the influence of heavy metals. In: PRASSAD, M. N. V. (Ed.). Heavy metal stress in plants: **From biomolecules to ecosystems**. 2nd ed. Springer, printed in India, p. 182-200, 2004.

MADEIRA, N. N. **Toxicidade de cádmio em plantas transgênicas de soja e de tabaco expressando os genes BIP e aldeído desidrogenase**. 52 f. Dissertação. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2014.

MAINIER, F. B.; SANTOS, F. B. **Os revestimentos de cádmio e as contaminações ambientais**. In: III Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. p. 1-7. Niterói/RJ, 2006.

MARSOLA, T.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. Acumulação de cobre e zinco em tecidos do feijoeiro em relação com o extraído do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 92-98, 2005.

NEVES, P. A. P. F. G.; PAULA, M. T.; AMARANTE, C. B.; CARNEIRO, B. S.; FAIAL, K. C. F.; MENDES, L. C. S.; BOTERO, W. G.; SERRÃO, C. R. G.; DANTAS FILHO, H. A., Determinação de metais em espécies florestais da amazônia. **Revista Virtual de Química**. v. 8, p. 87-97, 2016.

OK, Y. S. [KIM, S.C.](#); [SKOUSEN, J.G.](#); [LEE, J. S.](#); [CHEONG, Y. W.](#); [YANG, J. E.](#) Ameliorants to immobilize Cd in rice paddy soils contaminated by abandoned metal mines in Korea. **Environmental Geochemistry and Health**, v. 33, p. 23 - 30, 2011.

PAIVA, H. N.; CARVALHO, J. G.; SIQUEIRA, J. O. Efeito da aplicação de cádmio sobre o teor de nutrientes em mudas de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.). **Ciência Florestal**, v. 11, p. 153-162, 2001.

RODRÍGUEZ-SERRANO M, ROMERO-PUERTAS MC, ZABALZA A, CORPAS FJ, GÓMEZ M, DEL RÍO LA, SANDALIO LM. Cadmium effect on oxidative metabolism of pea (*Pisum sativum* L.) roots: imaging of reactive oxygen species and nitric oxide-accumulation *in vivo*. **Plant Cell Environ**, v. 29, p. 1532-1544, 2006.

SANTOS, A. P. A; BATISTA, S. B. Isolamento e caracterização fenotípica de micro-organismos isolados de solo poluído por resíduos sólidos do bairro carrapicho município de Várzea Grande – Mato Grosso. **Connection Line**, v. 12, p. 29-43, 2015.

SOARES, C. R. F. S. S.; SIQUEIRA, J. S.; CARVALHO, de J. G.; MOREIRA, F. M. S. Fitotoxicidade de cádmio para *Eucalyptus maculata* e *E. urophylla* em solução nutritiva. **Revista Árvore**, v.29, p.175-183, 2005.

SOUZA, C. A. S.; TUCCI, C. A. F.; SILVA, J. F.; RIBEIRO, W. O. Exigências nutricionais e crescimento de plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King.). **Acta Amazonica**, v. 40, p. 515 -522, 2010.

SILVA, M. L. S.; VITTI, G. C.; TREVIZAM, A. R. Concentração de metais pesados em grãos de plantas cultivadas em solo com diferentes níveis de contaminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.527-535, 2007

SISINNO, C. L. S; OLIVEIRA-FILHO, E. C. (Orgs.) **Princípios de toxicologia ambiental: conceitos e aplicações**. Rio de Janeiro: Interciência, 2013.

SOARES, C. R. F. S. S.; SIQUEIRA, J. S.; CARVALHO, de J. G.; MOREIRA, F. M. S. Fitotoxicidade de cádmio para *Eucalyptus maculata* e *E. urophylla* em solução nutritiva. **Revista Árvore**, v.29, p.175-183, 2005.

SOUZA, F. V. P. **Crescimento, teores, acúmulo e disponibilidade de níquel em graminéas forrageiras**. Dissertação de Mestrado em Produção Vegetal apresentado à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina/MG, 2014.

SOUZA, V. L.; HAWKESFORD, M. J.; BARRACLOUGH, P. Morphophysiological responses and programmed cell death induced by cadmium in *Genipa americana* L. (Rubiaceae). **Biometals**, v. 24, p. 59-71, 2011.

UNEP (United Nations Environment Programme) **Draft Final Review of Scientific Information on Cadmium**, 2010.

VITÓRIA, A. P.; LEA, P.J., AZEVEDO, R.A. Antioxidante enzymes responses to cadmium in radish tissues. **Phytochemistry**, v. 57, p. 701 - 710, 2001.



CAPÍTULO 13

TOLERÂNCIA A METAIS PESADOS E METABOLISMO DO NITROGÊNIO EM PLANTAS

TOLERANCE TO HEAVY METALS AND METABOLISM OF THE NITROGEN IN PLANTS

*Liliane Correa Machado¹
Rafael Costa Paiva²
Vitor Resende do Nascimento³
Cristine Bastos do Amarante⁴
Priscilla Andrade Silva⁵
Ricardo Shigueru Okumura⁶
Cândido Ferreira de Oliveira Neto⁷*

DOI: 10.46898/rfbe.9786558890225.13

1 Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. <https://orcid.org/0000-0002-5735-6011>. lilimachado.agro@gmail.com

2 Universidade Federal do Ceará. <https://orcid.org/0000-0003-4999-2971>. rafacospai@gmail.com

3 Universidade Federal do Pará. <https://orcid.org/0000-0001-7620-7188>. vitoresf@gmail.com

4 Museu Paraense Emílio Goeldi. <https://orcid.org/0000-0002-8602-8180>. cbamarante@museu-goeldi.br

5 Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0002-2774-3192>. prisciandra@yahoo.com.br

6 Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0002-5079-3980>. ricardo.okumura@ufra.edu.br

7 Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0002-6070-0549>. candido.neto@ufra.edu.br

RESUMO

A contaminação por metais pesados é altamente prejudicial ao desenvolvimento vegetal, no entanto, as plantas desenvolvem diversos métodos para tolerar os impactos desses metais e aumentar sua capacidade de tolerância, esses métodos são caracterizados por diversos fatores que além de fisiológicos, estão ligados ao meio em que a planta se desenvolve e a variação de elementos contaminantes. Os metais podem ser ingeridos na alimentação a partir de plantas contaminadas, essa é uma das preocupações que se faz necessária a busca por meios de conseguir uma tolerância adequada a metais pesados. Um dos agentes mais importantes nesse combate a contaminação, são os ácidos orgânicos, responsáveis por limitar a translocação dos contaminantes para que não cheguem à parte aérea, diminuindo a atividade extracelular destes e reduzindo sua disponibilidade. No metabolismo do nitrogênio, existe a necessidade de transformação deste através da quebra da molécula para outras formas, possibilitando apenas assim a absorção pela planta, e obtém maior concentração nas raízes. No entanto, apenas uma quantidade de espécies apresenta bom desenvolvimento quando o nitrato é o elemento em maior quantidade. O estudo objetivou apresentar os mecanismos utilizados pelas plantas para sua tolerância a metais pesados e o metabolismo do nitrogênio.

Palavras-chave: Contaminantes. Ácidos Orgânicos. Mecanismos. Absorção.

ABSTRACT

Contamination by heavy metals is highly harmful to plant development, however, plants develop several methods to tolerate the impacts of these metals and increase their tolerance capacity, these methods are characterized by several factors that are not only physiological, but also linked to the environment that the plant develops and the variation of contaminating elements. Metals can be ingested in the diet from contaminated plants, this is one of the concerns that it is necessary to search for ways to achieve an adequate tolerance to heavy metals. One of the most important agents in this fight against contamination are organic acids, responsible for limiting the translocation of contaminants so that they do not reach the aerial part, reducing their extracellular activity and reducing their availability. In the metabolism of nitrogen, there is a need to transform it by breaking the molecule into other forms, thus only allowing absorption by the plant, and obtaining greater concentration in the roots. However, only a few species develops well when nitrate is the element in greatest quantity. The study aimed to present the mechanisms used by plants for their tolerance to heavy metals and nitrogen metabolism.

Keywords: Contaminants. Organic Acids. Mechanisms. Absorption.

1 INTRODUÇÃO

Os mecanismos de tolerância a metais pesados são essenciais para amenizar os efeitos negativos dos metais, como a inibição do crescimento das plantas. As plantas constituem-se o principal ponto de entrada do cádmio na cadeia alimentar (GUIMARÃES et al., 2008). Desta forma, a necessidade de plantas com maior tolerância a contaminações por metais, é ainda maior.

A tolerância ocorre a partir de determinadas características fisiológicas e condições ambientais adequadas para a espécie. Alguns mecanismos como a complexação intracelular (quelação), (GUIMARÃES et al., 2008). Já a tolerância a cádmio pode ocorrer a partir da exsudação de agentes complexadores na rizosfera, ligação do metal na parede celular, entre outros mecanismos (HALL, 2002; MCGRATH; ZHAO, 2003). A concentração de cádmio nas raízes é esperada, uma vez que esse é um mecanismo de defesa das plantas (OLIVEIRA, 2009).

A partir do metabolismo do nitrogênio no solo, as formas nitrogenadas disponíveis para absorção pelas plantas em maiores quantidades são nitrato ou amônio. Na forma de nitrato as plantas podem assimilar nas raízes, na parte aérea ou em ambos os sítios, já o amônio por sua condição de toxidez, é assimilado pelas raízes (FORDE, 2002; SODEK, 2008).

As condições adversas aos meios de tolerância e seus mecanismos, além dos efeitos destes no desenvolvimento vegetal e o metabolismo do nitrogênio e sua locomoção no solo até sua absorção pelas plantas, foram explanados e apresentados no presente estudo.

2 MECANISMOS DE TOLERÂNCIA AOS METAIS PESADOS NAS PLANTAS

Em condições de estresse por metais pesados, as plantas podem adquirir tolerância devido ao desenvolvimento de mecanismos que as tornam adaptadas a este estresse, sendo que uma planta pode ter vários mecanismos de tolerância. Neste sentido, as respostas ao estresse variam amplamente dependendo das características intrínsecas da espécie, do elemento responsável pelo estresse, assim como das condições ambientais (SOUZA et al., 2011).

Plantas em condições de estresse por Zn, Cd e Ni compartimentalizam os mesmos no vacúolo, onde são ligados por ácidos orgânicos (TAIZ; ZEIGER, 2013). A compartimentalização do Cd no vacúolo, associada à complexação, é um importante mecanismo de tolerância (GUIMARÃES et al., 2008).

Estudo realizado por Chandra et al. (2010) constataram, maiores acúmulos de Cd e Cr nas raízes de plantas de *Vigna radiata* e *Vigna unguiculata*, o que pode estar relacionado à presença de ácidos orgânicos nos exsudatos das raízes, sendo que possivelmente os referidos metais se ligam a estes ácidos limitando sua translocação para a parte aérea.

Nas plantas exclusoras, a absorção dos metais pesados é restringida devido a retenção pelas raízes, o que pode evitar a dispersão da contaminação no meio e prevenir o aparecimento de seus efeitos tóxicos, principalmente no aparato fotossintético na parte aérea das plantas (GOMES et al., 2011).

Os exsudatos radiculares podem assumir uma variedade de papéis, uma vez que possuem uma gama de compostos em sua constituição, sendo os ácidos orgânicos os mais relatados para tolerância a metais. Eles podem complexar os cátions metálicos e diminuir a atividade extracelular desses elementos, reduzindo sua disponibilidade e aumentando a resistência das plantas a esses contaminantes (HALL, 2002; SOUZA et al., 2011).

Diversos estudos relatam que a quelação intracelular é potencialmente um mecanismo de detoxicação e tolerância, ao excesso de metais, utilizado pelas plantas em resposta ao estresse nutricional (HALL, 2002). Sob condições de estresse por Cd, geralmente as plantas respondem sintetizando peptídeos específicos ou ácidos orgânicos (RAUSER, 1999). No citosol o Cd é ligado a quelantes, tais como fitoquelatinas e citrato e, posteriormente, sequestrado no vacúolo (CLEMENS, 1999).

3 METABOLISMO DO NITROGÊNIO

Muitos compostos bioquímicos importantes das células vegetais possuem nitrogênio (N). Por exemplo o nitrogênio é encontrado nos nucleotídeos e nos aminoácidos que formam a estrutura dos ácidos nucleicos e das proteínas, respectivamente. Nas plantas apenas elementos como o oxigênio, o carbono e o hidrogênio são mais abundantes que o nitrogênio (TAIZ; ZEIGER, 2013).

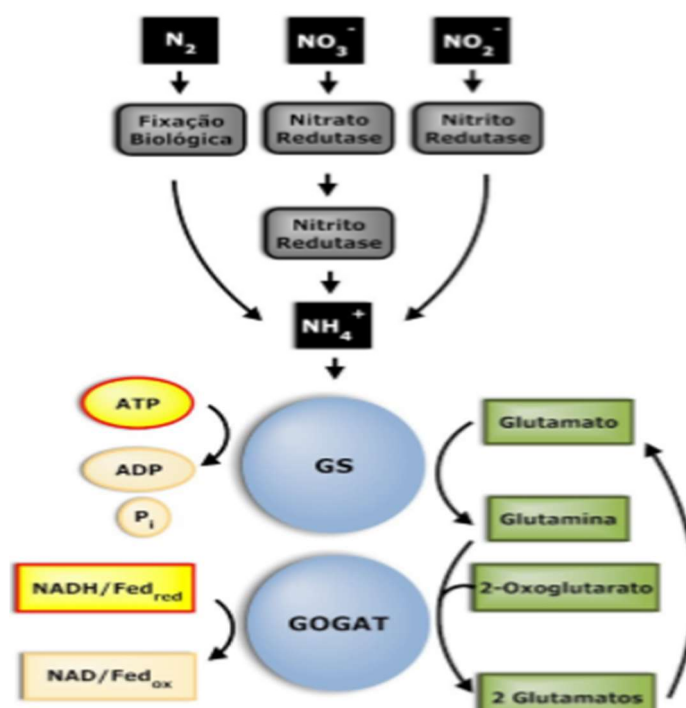
Nem todo nitrogênio presente na biosfera estão prontamente disponíveis para a absorção dos organismos vegetais, sendo necessário a quebra de uma tripla ligação bastante estável da molécula de nitrogênio atmosférico (N₂) através de um complexo processo de ciclagem pela atmosfera, que possibilita a formação de amônio (NH₄⁺), nitrato (NO₃⁻) e nitrito (NO₂⁻), sendo que dessas a planta absorve apenas amônio e nitrato (Figura 1) (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O NO₃⁻ presente no solo é absorvido pelas raízes e, em seguida é: 1) reduzido no citosol das células das raízes; 2) armazenado no vacúolo das células radiculares; 3)

transportado às folhas via xilema, em que será reduzido no citosol, ou 4) armazenado no vacúolo para posterior redução no citosol (JACKSON et al., 2008; BALOTF et al., 2012).

O NO_3^- absorvido pelas plantas pode ser assimilado nas raízes, na parte aérea, ou em ambos os locais (FORDE, 2002), porém inicialmente o NO_3^- precisa ser reduzido a NH_4^+ . Essa redução é catalisada por enzimas em duas etapas: a primeira ocorre no citosol através da enzima redutase do nitrato (RN) que transforma NO_3^- em nitrito (NO_2^-) e a segunda ocorre nos cloroplastos (parte aérea) e plastídios (raízes), através da redutase do nitrito (RNi) que converte NO_2^- a NH_4^+ (LI et al., 2013). O NH_4^+ produzido é, então, assimilado pelas enzimas glutamina sintetase (GS), que requer ATP na reação que adiciona NH_4^+ ao glutamato (Glu) formando glutamina (Gln), na sequência, a glutamina-2-oxoglutaratoaminotransferase ou glutamato sintase (GOGAT) transfere um N amídico da Gln ao 2-oxoglutarato para formar duas moléculas de Glu (ciclo GS/GOGAT) (LEA; MIFLIN, 2011). Ou, ainda, em uma rota alternativa, a enzima glutamato desidrogenase (GDH) realiza a catálise reversível da aminação 2-oxoglutarato (TERCE-LAFORGUE et al., 2013). Vale destacar que a via GS/GOGAT é a principal via de assimilação primária de NH_4^+ em plantas superiores (CARVALHO, 2015).

Figura 1 - Via de assimilação de nitrogênio.



Fonte: Delite, 2007.

Embora a assimilação de NH_4^+ seja energeticamente favorável em relação a de NO_3^- , com um gasto de 2 ATPs por molécula de NH_4^+ assimilada, enquanto que o NO_3^- necessita de 12 ATPs (BRITTO et al., 2001), somente um número limitado de espécies

apresenta desenvolvimento satisfatório quando o NH_4^+ é a fonte predominante de N. Nesta categoria, se destacam as plantas que vivem em ambientes alagados, onde há formação de NH_4^+ , como é o caso do arroz (BRITTO; KRONZUCKER, 2005).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As plantas podem adquirir tolerância a metais pesados a partir de determinadas variantes como as características de cada espécie, elementos responsáveis pela contaminação e condições ambientais adversas. A presença de ácidos orgânicos exsudatos nas raízes limitam a translocação de metais pesados como o cádmio para as partes aéreas das plantas, isso torna os ácidos orgânicos de extrema importância para aumentar a tolerância a metais pesados e diminuir a atividade extracelular desses elementos.

As plantas exclusoras também são responsáveis por restringir a absorção dos metais. Para o metabolismo do nitrogênio e o uso do mesmo, é necessária uma quebra de ligações responsáveis a tornar o nitrogênio acessível para absorção pelas raízes, umas das formas acessíveis de nitrogênio é a amônia, no entanto, quando a amônia é a forma predominante, um número limitado de espécie apresenta desenvolvimento satisfatório.

REFERÊNCIAS

- BALOTF, S.; NIAZI, A.; KAVOOSI, G.; RAMEZANI, A. Differential expression of nitrate reductase in response to potassium and sodium nitrate: real-time PCR analysis. **Australian Journal of Crop Science**, v. 6, p. 130-134, 2012.
- BRITTO, D. T.; KRONZUCKER, H. J. Nitrogen acquisition, PEP carboxylase, and cellular pH homeostasis: new views on old paradigms. **Plant, Cell and Environment**, v. 28, p. 1396-1409, 2005.
- BRITTO, D. T.; [SIDDIQI M. Y.](#); [GLASS, A. D.](#); [KRONZUCKER H. J.](#) Futile transmembrane NH_4^+ cycling: a cellular hypothesis to explain ammonium toxicity in plants. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 98, p. 4255-4258, 2001.
- CARVALHO, P. A., **Metabolismo do nitrogênio e carbono em plantas de seringueira submetidas à hipoxia e diferentes fontes de nitrogênio**. Tese de Doutorado apresentado à Universidade Federal de Lavras, Lavras/MG. 2015.
- CHANDRA, R. P.; ABDUSSALAM A.K.; SALIM, N. et al. Distribution of bio-accumulated Cd and Cr in two Vigna species and the associated histological variations. **Journal of Stress Physiology & Biochemistry**, Vol. 6, p. 4-12, 2010.
- CLEMENS, S. Molecular mechanisms of plant metal tolerance and homeostasis. **Planta**, v. 212, p. 475-486, 1999.
- FORDE, B.G. Local and long-range signaling pathways regulating plant responses to nitrate. **Annual Review of Plant Biology**, v.53, p.203-224, 2002.

GOMES, M. P.; MARQUES, T. C. L. L. D.; NOGUEIRA, M. D. O. G.; SILVA, G. H.; CASTRO, E. M. D.; SOARES, Â. M. Effects of tailings from zinc industry in the anatomy and growth of young plants of *Salix humboldtiana* Willd:(willow). **Hoehnea**. V. 38, p. 135 - 144, 2011.

GUIMARÃES, M. A.; SANTANA, T. A.; SILVA, E. V. et al. Toxicidade e tolerância ao cádmio em plantas. **Revista Tropica - Ciências Agrarias e Biologicas**, v.1, p.56 - 66, 2008

HALL, J. L. Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v. 56, p. 1 - 11, 2002.

JACKSON, L. E.; BURGER, M.; CAVAGNARO, T. R. Roots, nitrogen transformations, and ecosystem services. **Annual Review of Plant Biology**, v. 59, p. 341-363, 2008.

LEA, P. J.; MIFLIN, B. J. Nitrogen assimilation and its relevance to crop improvement. **Annual Plant Reviews**, v. 42, p. 1-40, 2011.

LI, S. X.; WANG, Z. H.; STEWAR, B. A. Responses of crop plants to ammonium and nitrate N. **Advances in Agronomy**, v. 118, p. 205- 397, 2013.

MCGRATH, S. P.; ZHAO, F. J. Phytoextraction of metals and metalloids from contaminated soils. **Current Opinion in Biotechnology**, Oxford, v.14, n.15, p.277-282, 2003.

OLIVEIRA, L. A. Silício em plantas de feijão e arroz: absorção, transporte, redistribuição e tolerância ao cádmio. **Seção técnica de biblioteca - CENA/USP**, 2009.

RAUSER, W. E. Structure and function of metal chelators produced by plants. The case of amino acids, organic acids, phytin and methalothioneins. **Cell Biochemistry and Biophysics**, v. 31, p. 19 - 48, 1999.

SODEK, L. Metabolismo do nitrogênio. In: KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. 2.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. p.94-113.

SOUZA, V. L.; HAWKESFORD, M. J.; BARRACLOUGH, P. Morphophysiological responses and programmed cell death induced by cadmium in *Genipa americana* L. (Rubiaceae). **Biometals**, v. 24, p. 59-71, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5^a.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TERCÉ-LAFORGUE, T. et al. Resolving the Role of Plant Glutamate Dehydrogenase: II. Physiological Characterization of Plants Overexpressing the Two Enzyme Subunits Individually or Simultaneously. **Plant and Cell Physiology**, v. 54, p. 26 - 35, 2013.



CAPÍTULO 14

ASPECTOS RELEVANTES SOBRE AVICULTURA DE POSTURA E QUALIDADE DE OVOS COMERCIAIS

RELEVANT ASPECTS ON POSTURE POULTRY AND QUALITY OF COMMERCIAL EGGS

*João Paixão dos Santos Neto¹
Victória Caroline do Moraes Gatti²
Henrique da Silva Barata³
Fernando Elias Rodrigues da Silva⁴
Fábio Israel Martins Carvalho⁵
Priscilla Andrade Silva⁶
Carolina Rodrigues da Fonseca⁷*

DOI: 10.46898/rfbc.9786558890225.14

1 Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária de Portugal. <https://orcid.org/0000-0003-4645-6866>. joaopaixoneto@gmail.com

2 Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0002-7400-1685>. victoriagatti.agro@gmail.com

3 Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0001-6356-4629>. henriquebarata2000@gmail.com

4 Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0003-2872-7204>. fernando.silva@ufra.edu.br

5 Universidade Federal Rural da Amazônia. <http://orcid.org/0000-0002-8995-2141>. fabioimc@yahoo.com.br

6 Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0002-2774-3192>. prisciandra@yahoo.com.br

7 Instituto Federal do Pará. <https://orcid.org/0000-0003-2526-5913>. carolina@iftm.edu.br

RESUMO

A avicultura de postura apresentou um desenvolvimento considerável nos últimos tempos, o aumento da produção de ovos levantou discussões quanto a importância da higienização e qualidade dos ovos comerciais e que meios poderiam ser utilizados para obter a qualidade microbiológica adequada. Os ovos estão especialmente presentes na alimentação humana por sua notoriedade nutricional, ainda sim, a contaminação dos ovos é frequente e ocorre predominantemente pela casca. Diferentes condições em decorrência da umidade, temperatura, armazenamento e o manejo geral dos ovos, podem ser responsáveis pelo aumento da suscetibilidade na contaminação. Em virtude da necessidade de controle da qualidade de ovos e meios para o controle de contaminação, a presente revisão tem por objetivo apresentar um estudo sobre a avicultura de postura e os efeitos decorrentes da higienização na qualidade dos ovos, assim como os métodos utilizados para obter essa qualidade.

Palavras-chave: Contaminação. Higienização. Sanitização. Alimentação.

ABSTRACT

The laying poultry has developed considerably in recent times, the increase in egg production has raised discussions about the importance of hygiene and quality of commercial eggs and what means could be used to obtain adequate microbiological quality. Eggs are especially present in human food due to their nutritional notoriety, yet the contamination of the eggs is frequent and occurs predominantly through the shell. Different conditions due to humidity, temperature, storage and the general handling of eggs, may be responsible for the increased susceptibility to contamination. In view of the need to control the quality of eggs and means for the control of contamination, the present review aims to present a study on laying poultry and the effects of hygiene on egg quality, as well as the methods used to obtain that quality.

Keywords: Contamination. Hygienization. Sanitization. Food.

1 INTRODUÇÃO

O ovo é uma importante fonte de proteína e de excelente qualidade, é rico em diversos nutrientes e vitaminas. Contém diversos componentes favoráveis a saúde humana além de auxiliar na prevenção de doenças atuando na atividades antibacteriana, antiviral e na modulação do sistema imunológico. Proporciona uma alta qualidade e em comparação a outras proteínas de origem animal, o ovo é um importante alimento nutritivo (AMARAL et al., 2016).

Os ovos também podem ser importantes transmissores de patógenos que causam diversos malefícios para a saúde humana. A contaminação de ovos pode ocorrer com o contato da casca de ovo com as excretas da ave no momento da postura, ocasionando na penetração dos macroorganismos através de rachaduras microscópicas e dos poros da casca (OLIVEIRA & SILVA, 2000). Ainda que a higienização de ovos seja alvo de diversos debates sobre o método mais adequando, sua importância está relacionada com a efetividade da comercialização e aceitabilidade dos ovos no mercado consumidor.

Os métodos de higienização mais utilizados são compostos por cloro e o ácido peracético. O ácido peracético demonstrou alta eficiência, não deixa resíduos e seu custo é mais baixo.

O presente estudo descreve um levantamento literário a respeito da avicultura de postura, assim como os efeitos da higienização na qualidade dos ovos e métodos utilizados para a sanitização de ovos comerciais.

2 AVICULTURA DE POSTURA, ESTRUTURA E FORMAÇÃO DO OVO

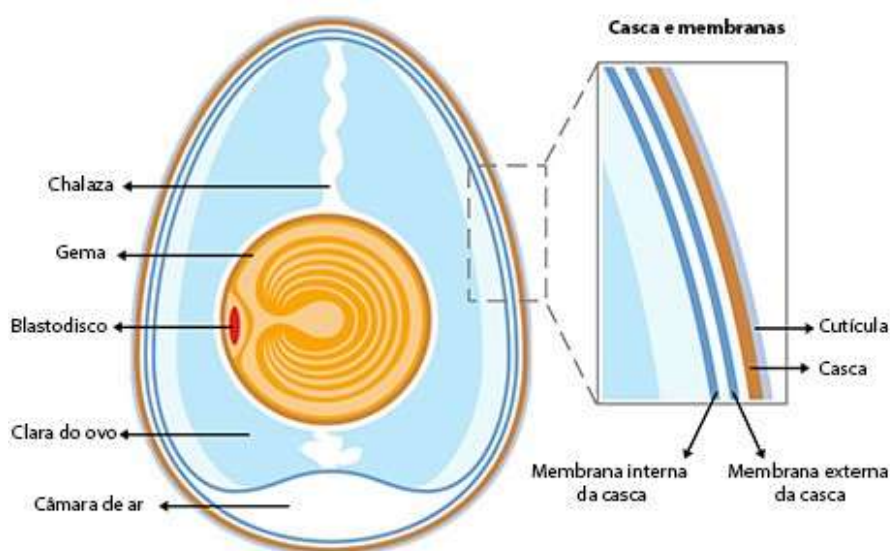
A criação e o manejo de poedeiras comerciais apresentam algumas diferenças em relação aos frangos de corte. De uma maneira geral, as aves são criadas em gaiolas de produção, sendo separadas em fase de cria, recria e postura. O ponto mais importante da produção do ovo é a sua qualidade, no entanto, isso envolve desde a compra da pintinha até a venda do ovo (LANA, 2000).

Há granjas onde estas aves são alojadas na fase de pintinhas em piso dos galpões e somente depois, quando atingem a fase de postura (cerca de 17 semanas), são alojadas em gaiolas de postura. Na fase de produção, geralmente elas permanecem de 87 até 100 semanas pondo ovos, podendo chegar a 120 semanas. Os galpões, geralmente, são abertos, telados, com as baterias de gaiolas em seu interior. Nas gaiolas, é fornecida água *ad libitum* (à vontade) e ração sobre sistema GAD (Gramas de ração por Aves ao Dia), de acordo com a recomendação da linhagem. As aves são submetidas a um fotoperíodo gradual geralmente iniciando com 14 horas e terminando com 17 horas de luz por dia. Cada ave põe um ovo por dia e, ao final da vida, uma boa ave de postura deve ter posto em média 280 ovos por ano durante a fase produtiva. Os ovos são depositados sobre uma canaleta pela ação da gravidade, assim coletados e armazenados em uma sala de estocagem com temperatura e umidade controladas. Algumas granjas adotam o processo de limpeza e sanitização de ovos, principalmente os sujos de fezes (LANA, 2000).

O ovo é uma estrutura complexa que possui três partes principais: a gema, a clara e a casca. Outras partes do ovo encontram-se em menor proporção, o blastodisco, a chalaza, a câmara de ar, a cutícula e as membranas da casca (Figura 1). A coloração da casca dos ovos varia do branco ao marrom escuro, sendo uma característica genética, determinada pela linhagem da ave. É importante ressaltar que, do ponto de vista nutricional, não há diferenças entre os ovos com coloração das cascas branca e vermelha (ROSE, 1997; BENITES; FURTADO; SEIBEL, 2005).

O processo biológico de formação do ovo ocorre no sistema genital reprodutivo da galinha que constitui desde o ovário até a cloaca, dividido em cinco regiões, infundíbulo, magno, istmo, útero e vagina (FURLAN, 2009, SESTI; ITO, 2009).

Figura 1 - Anatomia de um ovo



Fonte: Horst (2007).

A formação do ovo tem início após a ovulação, e na região do infundíbulo, onde a gema (ou oócito) é captada. Em seguida, o ovo em formação passa para a região do magno, onde é depositada a maior porção da proteína do ovo, a clara; e onde há a formação das chalazas, isto é, mucinas retorcidas que mantêm a gema no centro do ovo. Em continuação, ele chega à região do istmo, onde ocorrerá a formação das membranas interna e externa da casca. Estas membranas estão intimamente ligadas, exceto onde existe a formação de uma câmara de ar (BURKE, 1996; SESTI; ITO, 2009).

Após, o ovo em formação chega no útero ou na glândula da casca, onde é adicionada a parte fluida da clara, formada basicamente de água, sais minerais e vitaminas, os quais passam através das membranas por osmose. Ainda no útero ocorre a formação da casca, composta basicamente pela deposição de carbonato de cálcio (98%) e por uma menor parte de matriz orgânica (2%). No processo de calcificação da casca os íons cálcio são retirados da corrente sanguínea (BURKE, 1996; SESTI; ITO, 2009).

A casca é essencial para manter a integridade dos componentes dos ovos, podendo ser considerada a embalagem natural do ovo, resistente, rígida e suporta o peso de uma ave adulta durante a incubação natural, em função de sua forma ovalada e arranjo radiado de cristais. É porosa, contém 7.000 a 17.000 poros por ovo, que possuem 0,5 a 12,8 micra de diâmetro, para permitir a respiração do embrião e perda de umidade, sendo considerada a maior fonte de minerais para o desenvolvimento do embrião (MORENG; AVENS, 1990). A casca constitui de 8 a 11% do peso do ovo e possui 94% de carbonato de cálcio (CaCO_3), 1,4% de carbonato de magnésio (MgCO_3), 3% de glicoproteínas, mucoproteínas, colágeno e mucopolissacarídeos (ORNELLAS, 2001).

A casca é coberta por uma cutícula formada por uma camada proteica e hidrossolúvel que protege o ovo da penetração de micro-organismos, além de preservar a umidade interna do ovo, evitando a troca entre o interior e exterior (PROUDLOVE, 1996; BURKE, 1996; BENITES; FURTADO; SEIBEL, 2005).

O ovo possui duas membranas, sendo a interna mais fina, e a externa mais espessa, que se localiza próximo à casca. As duas membranas conferem resistência à casca evitando rompimento e também tem a função de impermeabilizar o conteúdo dos ovos contra a penetração de micro-organismos (MADRID; CENZANO; VICENTE, 1996; RAMOS, 2008).

A câmara de ar constitui num espaço entre a membrana interna e externa da casca, estando localizada na ponta mais larga do ovo, sendo formada logo após a oviposição. Com o esfriamento natural do ovo, ocorre uma contração do seu conteúdo, fazendo com que a membrana interna se separe da externa, proporcionando as trocas gasosas. A câmara de ar é importante na mensuração de qualidade interna do ovo. Em ovos frescos ela é quase inexistente. Todavia, aumenta o tempo de armazenagem do ovo, a câmara de ar aumenta e ocorre uma perda de umidade e gás carbônico pelos poros da casca e penetração do ar no ovo (LLOBET; PONTES; GONZALEZ, 1989).

A clara constitui aproximadamente 56 a 61% do peso do ovo e contém 88% de água. Essa estrutura é praticamente isenta de lipídios e carboidratos (OLIVEIRA, 2006) e é uma importante fonte de riboflavina (0,2 a 0,5g 100g⁻¹ de clara), e cerca de 3,5 g 100g⁻¹ de proteína (CARBÓ, 1987).

A gema constitui aproximadamente de 27 a 32% do peso do ovo e é composta por 50% água, 34% de lipídeos, 16% de proteína e traços de glicose e sais minerais. Possui também lecitina, que é um lipídeo emulsificante (estabiliza misturas de água e óleo) (OLIVEIRA; SILVA, 2000), e contém aproximadamente a metade das proteínas presentes no ovo e é considerada de alto valor biológico, responsável por toda a vitamina A, D e E presente no ovo, e ainda contém fósforo, manganês, ferro, cobre, cálcio,

zinco, fosfoproteínas ricas em aminoácidos essenciais, lipídios em forma de emulsão com grande proporção de ácidos graxos insaturados e colesterol (XAVIER et al., 2008).

3 EFEITOS DA HIGIENIZAÇÃO NA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DE OVOS

A higienização é a ação combinatória da limpeza e sanitização. A etapa de limpeza define-se como sendo a remoção das contaminações visíveis, tais como resíduos orgânicos e minerais presentes nas superfícies. A sanitização pode ser realizada por meios físicos e químicos e tem como objetivo reduzir ou eliminar completamente a presença de micro-organismos de importância higiênico-sanitária e patogênicos (ALMEIDA et al. 1995, EVANGELISTA, 2005).

Os efeitos de lavagem e sanitização no processo de higienização da casca de ovo são muito discutidos em sua produção, apesar destes processos resultarem em melhor aparência para comercialização e influencia diretamente na aceitação do produto pelo consumidor (LLOBET; PONTES; GONZALEZ, 1989; ALMEIDA, 2013).

Os primeiros estudos sobre a qualidade dos ovos armazenados mostraram que a etapa de lavagem dos ovos aumentou a probabilidade de deterioração e, por essa razão, a limpeza de ovos por lavagem já foi e é amplamente condenada em alguns países (*European Food Safety Authority* - EFSA, 2005).

O conteúdo interno do ovo é um meio ideal para o crescimento de micro-organismos potencialmente patogênicos para os seres humanos. Tem sido observado que a microbiota da casca do ovo é dominada por bactérias Gram-positivas, enquanto que as bactérias Gram-negativas são melhores estruturadas para superar as defesas antimicrobianas do conteúdo do ovo (DE REU et al., 2006).

A casca de um ovo contém milhares de poros, grandes o suficiente para permitir a entrada de bactérias, e é revestida externamente por uma fina cutícula proteica, que a torna impermeável, e internamente por duas membranas subjacentes, as quais lhe fornecem resistência adicional à penetração por micro-organismos (GANTOIS et al., 2009).

De acordo com Laudanna (1995), existe desvantagem do procedimento de lavagem dos ovos, como a remoção da cutícula dos poros da casca, o que facilita a entrada de micro-organismos, resultando na deterioração e diminuição do período de estocagem, ou seja, de vida de prateleira, depreciando a qualidade e a segurança alimentar para o consumo. Entretanto, na tentativa de reduzir problemas decorrentes da contaminação por micro-organismos patogênicos e deteriorantes, os ovos são submetidos a processos como a lavagem da casca.

No entanto, os defensores da lavagem dos ovos, apresentam que os riscos de contaminação aumentam com a comercialização de ovos sujos, com cascas defeituosas, sujas e rachadas, e apontam que há baixa incidência de toxi-infecções alimentares ligada a ovos lavados. Porém, enfocam que em estudos com ovos provenientes de locais onde há cadeia de frio, torna-se difícil avaliar a eficácia de lavagem (TOOD, 1996; HUTCHISON et al., 2003).

Em estudo de Musgrove et al. (2008) acerca do efeito da lavagem sobre a incidência de micro-organismos em ovos, foi observada, após todo o processo de lavagem, a redução e até mesmo a eliminação de algumas bactérias presentes.

Hutchison et al. (2003) e Jones et al. (2005) entenderam que a lavagem industrial e a sanitização são eficientes e tem efeito benéfico na conservação dos ovos, quando adotados corretamente os requisitos de temperatura e qualidade da água. De acordo com o *United States Department of Agriculture* – (USDA, 2001) recomenda-se a lavagem dos ovos com água abundante a 32°C com uma margem de $\pm 12^\circ\text{C}$.

Nessa mesma perspectiva, Arrifano (2013) relata que a utilização de água limpa e morna contendo detergente e sanitizante com efeito germicida com uma rápida secagem dos ovos, ajuda no combate à invasão microbiana.

4 OS MÉTODOS DE SANITIZAÇÃO DE OVOS COMERCIAIS

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), através da Portaria nº 15, de 23 de Agosto de 1988, definiu sanitizantes ou desinfetantes como formulações que têm na sua composição substância microbicida que apresenta efeito letal sobre micro-organismos não esporulados (BRASIL, 1988).

A sanitização é o conjunto de medidas empregadas para impedir a entrada e crescimento de micro-organismos em um ambiente ou estrutura, tornando-os livres de agentes infecciosos, com o uso de substâncias sanitizantes ou outras formas físicas de sanitização (SPINOSA; GORNIK; BERNARDI, 2006). As substâncias são usadas para destruir todas as formas vegetativas de micro-organismos em superfícies, mas esse processo não promove necessariamente a esterilização do material (PELCZAR et al., 1990). Segundo Kondo (2006), a sanitização de ovos pode ser feita na forma seca (fumigação) ou úmida (aspersão ou imersão).

Os sanitizantes são classificados em agentes de níveis alto, intermediário e baixo. A efetividade dos processos de sanitização é influenciada pela natureza do material a ser desinfetado, número e resistência dos organismos contaminantes, quantidade de material orgânico presente (que pode inativar o sanitizante), tipo e concentração, além da duração e temperatura de exposição. Os sanitizantes cloro e ácido peracético refe-

rem-se ao nível alto, sendo suas utilizações mais eficientes se for realizado uma limpeza prévia da superfície para remoção de material orgânico (MURRAY et al., 2009).

4.1 Aplicação do cloro

O cloro (Cl) e os compostos que possuem cloro são os sanitizantes mais comumente utilizados como agente bactericida em processamento de ovo, devido à sua disponibilidade, custo relativamente baixo e eficácia (CAO et al., 2009). O cloro puro (Cl₂) dissocia-se quando adicionado na água e libera o ácido hipocloroso, conforme a reação (1). Atua combinando-se a radicais oxidáveis, principalmente -SH de enzimas (SPINOSA; GORNIK; BERNARDI, 2006).



Os hipocloritos são muito reativos, podendo ser empregados em baixa concentração, mostrando eficácia num amplo espectro, incluindo esporos e bacteriófagos, porém são instáveis ao armazenamento, corrosivos além de precipitarem em presença de ferro e serem inativados pela matéria orgânica (McDONNELL, 2009). Wang e Slavik (1998) estudaram ovos higienizados com hipoclorito de sódio e demonstraram que o sanitizante é eficiente na redução da multiplicação e penetração de *Salmonella Enteritidis* na casca dos ovos.

O dióxido de cloro atua como agente oxidante forte, que na maioria das vezes reage por meio de mecanismo de transferência de elétrons agredindo a membrana celular, penetrando, desidratando, e por último, oxidando os componentes internos da célula microbiana sem, no entanto, gerar ação tóxica como a maioria dos compostos de cloro (McDONNELL, 2009).

Os altos níveis de cloro podem ser maléficos para a qualidade do ovo (BIAŁKA et al., 2004) tornando-os não completamente aceitáveis devido a resíduos químicos, a eficácia limitada e impactos ambientais adversos, e segundo Jaculi (2009), recomenda-se após a aplicação de compostos clorados a uma concentração acima de 200 ppm, um enxágue final com água potável para que o cloro residual não reaja com a matéria orgânica dos alimentos.

Jaenisch et al. (2010) avaliaram atividades antibacterianas *in vitro* utilizando hipoclorito de sódio a 1% e a 0,1% de cloro ativo em *Escherichia coli*, *Salmonella Enteritidis* e *Staphylococcus aureus*, na presença e ausência de matéria orgânica, sob duas diferentes temperaturas (10°C e 30°C), e tempo de contato de 20 minutos, obtendo resultados eficazes frente às bactérias testadas.

4.2 Aplicação do ácido peracético

O ácido peracético (APA) ($\text{CH}_3 - \text{COOOH}$), também chamado de peróxido de ácido acético ou ácido peroxiacético é um princípio ativo de vários sanitizantes comerciais. Sua reação é obtida do ácido acético (2) ou anidrido acético com o peróxido de hidrogênio (SREBERNICH, 2007).



O APA é irritante para a pele e para as mucosas, havendo necessidade de cuidados especiais no manuseio do produto concentrado como roupas protetoras, luvas de policloreto de vinila e proteção ocular (CHEREGATTO, 2015). Sua eficácia é semelhante ou superior a do hipoclorito de sódio, e mais potente que o peróxido de hidrogênio, tendo uma rápida ação inclusive em baixas concentrações (0,0001% a 0,2%). É efetivo na presença de material orgânico, possui baixa dependência de pH, e não apresenta efeito residual tóxico, atuando sobre um amplo espectro de micro-organismos, bactérias, fungos, vírus, algas e esporos (BLOCK, 2001; SILVA et al., 2008).

O APA é considerado um excelente sanitizante pelo potencial inativador de bactérias Gram-positivas e negativas, pela sua capacidade de oxidação dos componentes gerando grupos hidroxilas livres, sulfidril e ligações dissulfeto que atacam lipídeos de membranas, DNA e proteínas, altera o equilíbrio químico-osmótico podendo causar o rompimento de sua parede celular (TOMAZELLI; SANTOS, 2000; RUTALA; WEBER, 2008), entretanto sua ação biocida é influenciada pela concentração, temperatura e tipo de micro-organismos (BLOCK, 2001).

O uso do ácido peracético foi eficiente para a redução dos micro-organismos *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* em superfície de aço inoxidável (KUNIGK; ALMEIDA, 2001). Uma desvantagem ou limitação do ácido peracético é que ele apresenta uma baixa estabilidade da solução de uso em temperatura ambiente (PETRUS et al., 2001).

Jaenisch et al. (2010) avaliaram atividades antibacterianas *in vitro* utilizando ácido peracético 2% em *Escherichia coli*, *Salmonella Enteritidis* e *Staphylococcus aureus*, na presença e ausência de matéria orgânica em ovos, sob duas diferentes temperaturas (10°C e 30°C), e tempo de contato de 20 minutos, demonstrando que na ausência de matéria orgânica, reduziu a zero a contagem de UFC frente à *S. Enteritidis*, sendo igualmente efetivo, independente da matéria orgânica, frente a *S. aureus* e *E. coli*, revelando-se uma opção válida para sanitização na avicultura.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os métodos de criação e o manejo de poedeiras é fundamental para preservar e diminuir os níveis de contaminação dos ovos assim como o cuidado com a casca que é importante para manter a integridade interna do ovo contra micro-organismos. A higienização é responsável por manter a limpeza superficial e sanitização para reduzir ou eliminar possíveis contaminações. O cloro ainda que eficiente para a sanitização, necessita de cuidados quanto a dosagem e resíduos químicos. O ácido peracético apresenta eficiência no controle de contaminação, sem efeitos residuais tóxicos e um eficaz agente inativador de bactérias.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. C. C.; KAUYE, A. Y.; SERRANO, A. M.; ALMEIDA, P. F.; Avaliação e controle da qualidade microbiológica de mãos de manipuladores de alimentos. **Revista Saúde Pública**, v. 29, n. 4, p. 290-294, 1995.

AMARAL, G. F.; [GUIMARÃES, D. D.](#); NASCIMENTO, J. C. O. F.; [CUSTODIO, S.](#) Avicultura de postura: estrutura da cadeia produtiva, panorama do setor no brasil e no mundo e o apoio do BNDES. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro, n.43, p.[167]-207, mar. 2016.

ARRIFANO, L. S. **Técnicas Alternativas de Higienização da Casca do Ovo Utilizando Gás Ozônio e Ultrassom**. 2013. 62f. Dissertação. (Mestrado em Engenharia Biomédica) - Universidade Camilo Castelo Branco, São Paulo, 2013.

BENITES, C. I.; FURTADO, P. B. S.; SEIBEL, N. F. Características e aspectos nutricionais do ovo. In: SOUZ-SOARES, L. A.; SIEWERDT, F. **Aves e ovos**. PELOTAS: UFPEL, 2005. p. 57-64.

BIALKA, K. L.; DEMIRCI, A.; KNABEL, S. J.; PATTERSON, P. H.; PURI, V. M.; Efficacy of electrolyzed oxidizing water for the microbial safety and quality of eggs. **Poultry Science**, v. 83, p. 2071-2078, 2004.

BLOCK, S. S. Peroxygen compounds. In: BLOCK, S. S. **Disinfection, sterilization and preservation**. 5. ed., Philadelphia: Lippincott Williams e Wilkins, 2001, p.185-204.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 15 de 23 de agosto de 1988. Determina que o registro de produtos saneantes domissanitários com finalidade antimicrobiana seja procedido de acordo com as normas regulamentares. **Diário oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 05 set. 1988.

BURKE, W. H. Reprodução das aves. In: SWENSON, M. J.; REECE, W. O. D. **Fisiologia dos Animais Domésticos**. 11 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996

CAO, W.; ZHU, Z. W.; SHI, Z. X.; WANG, C. Y.; LI, B. M. Efficiency of slightly acidic electrolyzed water for inactivation of *Salmonella enteritidis* and its contaminated shell eggs. **International Journal of Food Microbiology**, v. 130, p. 88-93, 2009.

CARBÓ, C. B. **La gallina ponedora**. Madrid, Espanha: Ediciones Mundi Prensa, 1987. 519 p.

CHEREGATTO, T. C. Isolamento de leveduras em indústria de refrigerante e avaliação da susceptibilidade à ação antimicrobiana dos agentes sanificantes de uso industrial. **Universidade Estadual Paulista (UNESP)**, 2015.

DE REU, K.; GRISPEERDT, K.; MESSENS, W.; HEYNDRICKS, M.; UYTENDAELE, M.; DEBEVERE, J.; HERMAN, L. Egg shell factors influencing egg shell penetration and whole egg contamination by different bacteria including *Salmonella enteritidis*. **International Journal of Food Microbiology**, v112, p. 253-260, 2006.

EFSA. European Food Safety Authority. Opinion of the scientific panel on biological hazards on the request from the commission related to the microbiological risks on washing of table eggs. **EFSA Journal**, n. 269, p. 1-39, 2005.

FURLAN, R. L. Anatomia – Fisiologia. In: BERCHIERI JÚNIOR, A.; MACARI, M. **Doenças das aves**, 2 ed., Ed. FACTA, Campinas, 2009.

GANTOIS, I.; DUCATELLE, R.; PASMANS, F.; HAESBROUCK, F.; GAST, R.; HUMPHREY, T. J.; VAN IMMERSEEL, F. Mechanisms of egg contamination by *Salmonella Enteritidis*. **Federation of European Microbiological Societies**, v. 33, p. 718-738, 2009.

HUTCHISON, M. L.; GITTINS, J.; WALKER, A.; MOORE, A.; BURTON, C.; SPARKS, N. Washing table eggs: a review of the scientific and engineering issues. **World's Poultry Science Journal**, v. 59, p. 233-248, 2003.

JACULI, M. F. L. **Avaliação do uso de agentes saneantes em serviço de alimentação coletiva**. Monografia Pós-graduação Lato Sensu, Curso de Especialização em Qualidade de Alimentos, Universidade de Brasília, Brasília – DF, 2009.

JAENISCH, F. R. F.; KUCHIISHI, S. S.; COLDEBELLA, A. Atividade antibacteriana de desinfetantes para uso na produção orgânica de aves. **Ciência Rural**, v. 40, n. 2, p. 384-388. 2010.

JONES, D. R.; MUSGROVE M. T.; CAUDILL, A. B.; CURTIS, P. A.; NORTHCUTT, J. K. Microbial Quality of Cool Water Washed Shell Eggs. **International Journal of Poultry Science**, v. 4, p. 938-943, 2005.

KONDO, N. **Quais são os desinfetantes que podem ser utilizados na desinfecção dos ovos para incubação?** Rio Claro; 2006. Departamento de Serviços Veterinários Agroceres Ross Melhoria Genética de Aves S. A. Disponível: <http://64.233.187.104/search?q=cache:HeeBlx3znm4J:www.avisite.com.br/canal>>. Acesso em: 12 maio 2016.

KUNIGK, L.; ALMEIDA, M. C. B. Action of Peracetic Acid on *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* in suspension or settled on stainless steel surfaces. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 32, p. 38-41. 2001.

LANA, G. R. Q. **Avicultura**. Recife: Editora Rural, 2000.

LLOBET, J. A. C.; PONTES, M. P.; GONZALEZ, F. F. Factores que afectan a la calidad del huevo. In: **Producción de huevos**. Barcelona, Espanha: Tecnograf S.A., p. 255-274, 1989.

LAUDANNA, S. P. Cuidados garantem ovos saudáveis. **Revista Aves e Ovos**, São Paulo, n. 9, p. 32, 1995.

MADRID, A. V.; CENZANO, J.; VICENTE, J. M. **Manual da indústria de alimentos**. São Paulo: Varela, 1996, p. 489-495.

McDONNELL, G. **Sterilization and Disinfection**. *Encyclopedia of Microbiology*. 3 ed., Basingstoke: Steris Ltda, 2009, p.529-548.

MURRAY, P. R.; ROSENTHAL, K. S.; PFALLER, M. A. **Microbiologia Médica**. 6. ed., Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

MUSGROVE, M. T.; NORTHCUTT, J. K.; JONES, D. R.; COX, N. A.; HARRISON, M. A. Enterobacteriaceae and related organisms isolated from shell eggs collected during commercial processing. **Poultry Science**, v.87, p.1211-1218. 2008.

OLIVEIRA, G. E. **Influência da Temperatura de Armazenamento nas Características Físico-Químicas e nos Teores de Aminoácidos em Ovos**. 2006. 79 f. Dissertação. (Mestrado em Ciência de Alimentos). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

OLIVEIRA, D. D.; SILVA, E. N. *Salmonella* em ovos comerciais: ocorrência, condições de armazenamento e desinfecção da casca. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 52, n. 6, p. 655-661, 2000.

ORENG, R. E.; AVENS, J. S. **Ciência e produção de aves**. Tradução Nair Massako Kayama Ito. São Paulo: Roca, 1990. 380 p.

ORNELLAS, L. H. **Técnica dietética: seleção e preparo de alimentos**. 7. ed., São Paulo: Editora Metha, 2001. 330 p.

PELCZAR, M.; REID, R.; CHAN, E. C. S. *Microbiologia*. v. 1. Mcgraw-Hill: São Paulo. 1990.

PETRUS, R. R.; CORREA NETO, R.; GANDARA, A. L. N.; FARIA, J. A. F. Sanitização Química de Garrafas Plásticas. **Higiene Alimentar**, v. 15, n. 80, p. 80-90. 2001.

PROUDLOVE, K. **Os alimentos em debate: uma visão equilibrada**. São Paulo: Varela. 1996, p.108-111.

RAMOS, B. F. S. **Gema de ovo composição em aminoácidos biogênicos e influência da gema na fração volátil de creme de pasteleiro**. 2008. 111f. Dissertação. (Mestrado em Controle de qualidade) – Faculdade de farmácia. Universidade do Porto, Porto, 2008.

ROSE, S. P. **Principles of Poultry Science**. New York: CAB international, 1997. P.135.

RUTALA, W. A.; WEBER, D. J. **Guideline for disinfection and sterilization in health-care facilities: recommendations of the CDC**. *Healthcare Infection Control Practices*

Advisory Committee. 2008. 158 p. Disponível em: <http://www.cdc.gov/hicpac/pdf/guidelines/disinfection_nov_2008.pdf> Acesso em: 02 julho 2016.

SESTI, L.; ITO, N. M. K. Fisiopatologia do sistema reprodutor. In: BERCHIERI JÚNIOR, A.; SILVA, E. N.; DI FÁBIO, J.; SESTI, L.; ZUANAZE, M. A. F. **Doenças das aves**, 2ª edição, Ed. FACTA, Campinas, 2009

SILVA, F. C.; PARADELLA, T. C. NAVAS, E. A. F. A.; CLARO, A. P. R. A. KOGA-ITO, C. Y. JORGE, A. O. C. Influência de agentes desinfetantes sobre a aderência de *Staphylococcus aureus* em aço inoxidável. **Ciência Odontológica Brasileira**, v. 11, n. 3, p. 60-65, 2008.

SPINOSA, H., GORNIK, S., BERNARDI, M. **Farmacologia Aplicada à Medicina Veterinária**. 4. ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

SREBERNICH, S. M. Utilização do dióxido de cloro e do ácido peracético como substitutos do hipoclorito de sódio na sanitização do cheiro-verde minimamente processado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 744-750. 2007.

TOMAZELLI, I. B.; SANTOS, I. R. Pesquisa sobre a eficiência do ácido peracético, álcool iodado e clorhexidina na desinfecção das mãos. **Higiene Alimentar**, 2000.

TOOD, E. C. D. Risk assessment of use of cracked eggs in canada. **International Journal of Food Microbiology**, v. 30, p. 125-143, 1996.

USDA. **United States Department of Agriculture**. Agricultural Marketing Service (Standards, Inspections, Marketing Practices) Part 56 – Voluntary Grading of Shell Eggs, Code of Federal Regulations Title 7, Volume 3, U.S. Government Printing Office, p. 48-68, 2001.

WANG, H; SLAVIK, M, F. Bacterial penetration into eggs washed with various chemicals and stored at different temperatures and times. **Journal of Food Protection**, v. 61, n. 3, p. 276-279, 1998.

XAVIER, I. M. C; CANSADO, S. V; T. C; FIGUEIREDO, L. J. C; LARA, A. M. Q; Qualidade de ovos de consumo submetidos a diferentes condições de armazenamento. **Arquivo Brasileiro de Veterinária e Zootecnia**, v. 60, n. 4, p. 953-959, 2008.



CAPÍTULO 15

ESCHERICHIA COLI ENTEROPATOGENICA ALIMENTAR

ESCHERICHIA COLI FOOD ENTEROPATOGENICA

*João Paixão dos Santos Neto*¹

*Maria Rebeca Araújo Castro*²

*Henrique da Silva Barata*³

*Marcos Antônio Souza dos Santos*⁴

*Fernando Elias Rodrigues da Silva*⁵

*Fábio Israel Martins Carvalho*⁶

*Priscilla Andrade Silva*⁷

DOI: 10.46898/rfbe.9786558890225.15

¹ Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária de Portugal. <https://orcid.org/0000-0003-4645-6866>. joaopaixaoneto@gmail.com

² Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0001-7549-0209>. mariarebeca323@gmail.com

³ Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0001-6356-4629>. henriquebarata2000@gmail.com

⁴ Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0003-1028-1515>. marcos.santos@ufra.edu.br

⁵ Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0003-2872-7204>. fernando.silva@ufra.edu.br

⁶ Universidade Federal Rural da Amazônia. <http://orcid.org/0000-0002-8995-2141>. fabioimc@yahoo.com.br

⁷ Universidade Federal Rural da Amazônia. <https://orcid.org/0000-0002-2774-3192>. prisciandra@yahoo.com.br

RESUMO

O crescente número e a severidade das doenças transmitidas por alimentos em todo mundo continua sendo cenário consistente e de interesse às investigações pela comunidade de estudiosos que focam os esforços nos fatores de riscos, na detecção das espécies invasoras dos alimentos e as consequências à saúde do consumidor. Assim a qualidade dos alimentos pode ser inferida através indicador universal de higiene, os coliformes. Dentro deste escopo a proposta é apresentar uma revisão de literatura proveniente de bases científicas, tendo como limitante *Escherichia coli* em alimentos que apresentam mecanismos específicos de sorotipo enteropatogênicos. Sendo que esse agente etiológico geralmente não produz enterotoxina, porém causa toxinfecção desencadeando gastroenterites, como diarreia principalmente em crianças.

Palavras-chave: Doenças. Alimentos. Agente Etiológico.

ABSTRACT

The growing number and severity of foodborne diseases worldwide remains a consistent scenario and of interest to investigations by the community of scholars who focus efforts on risk factors, detection of invasive food species and the consequences for consumer health. Thus, the quality of food can be inferred through the universal hygiene indicator, coliforms. Within this scope, the proposal is to present a literature review from scientific bases, with the limitation of *Escherichia coli* in foods that have specific mechanisms of enteropathogenic serotype. Since this etiologic agent generally does not produce enterotoxin, however it causes toxinfection triggering gastroenteritis, such as diarrhea, especially in children.

Keywords: Diseases. Foods. Etiological agent.

1 INTRODUÇÃO

A *Escherichia coli* (*E. coli*) é uma bactéria pertencente à família *Enterobacteriaceae*, sendo amplamente distribuída na natureza, tendo como principal habitat o trato intestinal humano e animal (SOUZA et al., 2016).

Escherichia coli é uma das espécies bacterianas mais conhecidas e melhor caracterizada. Pode ser classificada, de acordo com seu conjunto de genes de virulência e associação com doença em seres humanos, como comensal, frequentemente habita o intestino de animais de sangue quente (KAPER et al., 2004).

A presença de *E. coli* em alimentos pode ter indícios de contaminação fecal, considerado indicador universal de higiene, estando diretamente relacionados aos pro-

cessos de higienização inadequados. Esses microrganismos que normalmente não causam danos, mas que podem indicar a presença de microrganismos patogênicos podem ser empregados como indicadores indiretos de um perigo à saúde.

A espécie *E. coli* está descrita em sete patótipos, dentre eles a *E. coli* enteropatogênica (EPEC) é importante causa de diarreia infantil em comunidades de baixa renda, onde, de maneira perversa, estão associados fatores como subnutrição, condições precárias de habitação, falta de água potável e de rede de esgotos, epidemiologicamente representa um caso de saúde pública (SILVA; SILVA, 2005). O agente etiológico *E. coli* enteropatogênica, geralmente não produz enterotoxina, mas produz fator de aderência e pode desencadear a diarreia.

Um dos principais objetivos da avaliação da qualidade microbiológica de um alimento é a investigação da sua inocuidade, no entanto, fazer a detecção da presença de microrganismos e suas toxinas nos alimentos é bastante importante (LACASSE, 1995).

O presente estudo teve como objetivo realizar uma revisão de literatura sobre o grupo *E. coli*, especificando os fatores de virulência da EPEC, investigou-se a identificação deste patótipo com relação direta na qualidade microbiológica de alimentos.

2 *ESCHERICHIA COLI* ENTEROPATOGÊNICA (EPEC)

As cepas patogênicas são classificadas de acordo com sua ação no hospedeiro. As cepas de *E. coli* causadoras de síndromes gástrica e diarreicas são classificadas em sete patótipos, definidos de acordo com seu conjunto de genes de virulência: *E. coli* enteropatogênica (EPEC), *E. coli* enteroinvasiva (EIEC), *E. coli* enterotoxigênica (ETEC), *E. coli* enteroagregativa (EAEC), *E. coli* de aderência difusa (DAEC), *E. coli* produtora de toxina Shiga (STEC) e *E. coli* enterohemorrágica (EHEC) (LOGUERCIO; ALEIXO, 2001, KAPER et al., 2004).

EPEC foi o primeiro patótipo de *E. coli* descrito e após grandes surtos de diarreia infantil no Reino Unido, pesquisadores perceberam a diferença sorológica entre estirpes de *E. coli* isoladas de crianças com diarreia e de crianças saudáveis (KAPER et al., 2004).

E. coli enteropatogênica (EPEC) é agente etiológico bem estabelecido de diarreia infantil humana, com característica de corromper as funções de células epiteliais intestinais, produzindo lesões próprias “attaching and effacing” (A/E) (TRABULSI et al., 2002).

No Simpósio Internacional realizado em São Paulo, em 1995, os especialistas propuseram a seguinte definição para EPEC:

EPEC are diarrheogenic *Escherichia coli* that produce a characteristic histopathology known as attaching and effacing (A/E) on intestinal cells and that do not produce Shiga, Shiga-like, or verocytotoxins. EPEC of human origin possess a virulence plasmid known as the EAF (EPEC adherence factor) plasmid that encodes localized adherence on cultured epithelial cells mediated by the Bundle Forming Pilus, while atypical EPEC do not possess this plasmid (Second International Symposium on EPEC, 1995).

EPEC não produz nenhuma enterotoxina ou citotoxina, a virulência desse patógeno está associada à capacidade de adesão à mucosa do intestino e à destruição das microvilosidades das células epiteliais intestinais, e as células da membrana que estão por baixo aumentam em quantidade, formando uma base que se estende ao exterior. Essa adesão é mediada por um plasmídeo, responsável pela síntese de um fator de enteroadesão, chamado *eaf*. Este fator corresponde a uma proteína de 50 a 70kDa, e promove um tipo de adesão ao enterócito denominada localizada (AL), que é característico de EPEC, uma vez que outras cepas de *E. coli*, quando aderem ao enterócito, têm modelo de adesão chamada difusa (AD). Estudos de microscopia eletrônica têm demonstrado que cepas de EPEC são capazes de induzir profundas alterações no citoesqueleto das células epiteliais, como destruição das microvilosidades e acúmulo de actina no local da adesão, resultando na formação de uma estrutura de base cilíndrica sob o microrganismo. Esse efeito é característico de EPEC e é causado por uma proteína chamada intimina, cuja produção é mediada por gene cromossomal chamado *eae*. Quando esse gene está ausente, não há destruição das microvilosidades, indicando que os genes *eae* e *eaf* são interdependentes (FRANCO, 2002; FORSYTHE, 2002).

Essas lesões próprias de EPEC são caracterizadas por destruição localizada da borda em escova do microvilo e adesão íntima da bactéria à membrana da célula hospedeira, e formação de estrutura de citoesqueleto rico em actina, em volta da bactéria aderida (KNUTTON et al. 1987).

O sorotipo EPEC, quando ingerido, induz a uma diarreia que por vezes pode apresentar sangramento. A patogenicidade do sorotipo EPEC envolve uma proteína codificada plasmídeos referidas como EPEC fator de enteroadesão, que permite a adesão de bactérias às células intestinais do hospedeiro (TODAR, 2008).

A principal característica para se definir uma cepa como EPEC é promover a lesão “attaching and effacing” (A/E), codificadas pelo gene *eae* presente em uma ilha de patogenicidade denominada LEE denominada locus of enterocyte effacement (DONNENBERG; WHITTAM, 2001; KAPER et al., 2004). Nas lesões A/E ocorrem à destruição das microvilosidades intestinais e um rearranjo do citoesqueleto celular, culminando na formação de uma estrutura semelhante a um pedestal onde a bactéria permanece fixada (MOXLEY; SMITH, 2010). As EPEC podem ser classificadas em típicas e atípicas. EPEC típicas possuem o plasmídeo de virulência EAF que codifica

o “bundle-forming pilus” (bfp), necessário para a adesão localizada em células epiteliais. Por outro lado, as EPEC atípicas não são portadoras do plasmídeo EAF, mas possuem o gene *eae* e demais fatores de virulência codificados na região LEE (NGUYEN et al., 2006).

A classificação molecular de acordo com os genes de virulência características das categorias de EPEC típica apresentam *eae* (intimina) e *bfpA* (fimbria BFP), com ausência dos genes *stx* (toxina Shiga); EPEC atípica *eae* (intimina) com ausência de *stx* (toxina Shiga) (CAMPOS et al., 2004).

Os estudos demonstram que *E. coli* enteropatogênica atípica (A-EPEC) é outra categoria de EPEC associada à diarreia de importância clínica. (SCOTLAND et al., 1999; SOUSA; DUBREUIL, 2001).

Atualmente, em países desenvolvidos, EPEC é isolada em surtos esporádicos com frequência muito baixa em casos de diarreia endêmica sua presença está associada ao consumo de água contaminada e produtos cárneos. No entanto, em países em desenvolvimento, principalmente nos localizados em zona tropical, EPEC está entre os principais agentes enteropatogênicos, especialmente na diarreia dos lactentes, com altos índices de mortalidade.

Em estudos realizados no Brasil, se observou que EPEC permanece como uma causa preponderante de diarreia infantil foram encontrados 11% de EPEC em isolados de fezes de crianças com diarreia, sendo que 2% e 9% dos casos foram de EPEC típicas e atípicas, respectivamente (MORENO et al. 2010).

3 QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DE ALIMENTOS: A IDENTIFICAÇÃO DE *ESCHERICHIA COLI* ENTEROPATOGÊNICA

A qualidade microbiológica pode ser estabelecida utilizando-se como parâmetros microrganismos indicadores de contaminação fecal, como o grupo coliforme. *E. coli* pode atuar como organismo comensal, patógeno oportunista e patógeno extremamente especializado. A qualidade microbiológica tem o objetivo de fornecer alimentos seguros, do ponto de vista higiênico sanitário (SOUZA, 2006).

De acordo com estudos de Leite; Franco (2006), em 30 amostras de coxas de frango comercializados no Rio de Janeiro, 12 apresentaram número mais provável (NMP) de *E. coli* variando de <3 a $2,9 \times 10^7$ /g, sendo seis (20%) consideradas impróprias para o consumo de acordo com a legislação vigente. Das 150 colônias suspeitas e confirmadas em testes bioquímicos 18 (12%) foram positivas para os sorogrupos *E. coli* enteropatogênica (EPEC).

Na ocorrência de EPEC segundo Farias et al. (2010), no sururu, *Mytella guayanensis* do total das 13 amostras obtidas foi possível isolar e identificar sete cepas de bactérias termotolerantes, *E. coli* (43,75%). A sorotipagem das linhagens de *E.coli* revelou seis sorotipos enteropatogênicos: O114 (EPEC) (04).

Já para Petri; Antunes; Saridakis (1989), ao avaliar 193 amostras de carne moída e quibe cru, encontraram, em 93,8 % das amostras, presença de *E. coli*, sendo que cerca de 8,8 % apresentaram algum sorogrupo de *E. coli* enteropatogênica.

Em pesquisa Silva et al. (2014) realizada com queijos coalho e ricota comercializada no sudeste do Brasil, foi detectada a presença de *E. coli* em 30% e 43,3% das amostras de queijo coalho e ricota, respectivamente. Sendo que 66,7% de queijo coalho e 60% ricota, apresentaram o fragmento correspondente ao gene *eae*, que codifica a adesina intimina, presente nas cepas EPEC.

Sobre o aspecto da viabilidade de sorogrupos de *Escherichia coli* isolados de filés de salmão congelados experimentalmente contaminados proposta por Souza et al. (2011) foi possível recuperar e identificar bioquimicamente 102 cepas de *Escherichia coli*, sendo que destas, apenas 48 cepas foram reagentes sorologicamente para EPEC. Desse total, 45,8% (22 cepas) foram classificadas como pertencentes ao sorogrupo A, 29,2% (14 cepas) pertencentes ao sorogrupo B, e 25% (12 cepas) ao sorogrupo C. O sorogrupo A foi o único isolado das amostras analisadas em todas as semanas, sugerindo uma maior resistência às condições de congelamento às quais as amostras foram submetidas.

Os resultados destes estudos indicam que EPEC podem ser identificadas em diversos alimentos, e que mesmo em condições de congelamento pode-se detectar sua presença caso estejam contaminados. Dessa forma, sendo muito importante atentar para a obtenção de um produto de qualidade e seguro, sem riscos para a saúde do consumidor.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As atividades de pesquisas de tipagem elucidaram alguns mecanismos da *Escherichia coli* enteropatogênica, como a classificação genética de duas categorias, EPEC típica e EPEC atípica e seus fatores de virulência, ou seja, de patogenicidade.

Os estudos apresentados realizados com EPEC em alimentos demonstraram que as condições higiênicas insatisfatórias, colocando a saúde do consumidor em risco. Logo, este agente etiológico desencadeia a doença diarreica em crianças de todo o mundo, representando um risco potencial.

REFERÊNCIAS

- ACHA, P. N.; SZYFRES, B. **Zoonosis y enfermedades transmisibles comunes al hombre y a los animales: Bacterioses e micosis**. 3rd ed. Washington: OPAS, 2001.
- ALEIXO, J. A.; AVER, G. P. Prevalence of enteropathogenic and enterotoxigenic *Escherichia coli* in foods of animal origin in Southern Brazil. **Ciência Rural**, v. 26, n. 2, p. 247-250, 1988.
- ALMEIDA, D. M. S. **Contaminação microbiológica de alimentos: o caso particular de *E. coli***. 2013. 108f. Dissertação (Mestrado em Bioquímica Alimentar), Universidade de Aveiro, Portugal, 2013.
- BAYLIS, C.; UYTENDAELE, M.; JOOSTEN, H.; DAVIES, A. **The Enterobacteriaceae and their significance to the food industry**, 52 p, 2011.
- BETTELHEIM, K. A. **Biochemical characteristics of *Escherichia coli***, p. 3-30. in Gyles, C.L. (ed.), *Escherichia coli* in domestic animals and humans. CAB International, Wallingford, 1994.
- BOSILEVAC, J.M.; KOOHMARAIE, M. **Prevalence and Characterization of Non-O157 Shiga Toxin-Producing *Escherichia coli* Isolates from Commercial Ground Beef in the United States**. *Applied Environmental Microbiology*, v.77, n.6, p.2103-2112, 2011.
- BUEHLER, H. J., KATZMAN, P. A. AND DOISY, E. A. **Studies on P-glucuronidase from *E. coli***. *Proc. Sot. Exp. Biol. Med.* v. 16, p. 672-676, 1951.
- DONNENBERG, M. S.; WHITTAM, T. S. **Pathogenesis and evolution of virulence in enteropathogenic and enterohemorrhagic *Escherichia coli***. *The Journal of Clinical Investigation*, v. 107, n. 5, p. 539-548, 2001.
- DRASAR, B. S.; HILL, M. J. **Human intestinal flora**. Academic Press, London, p.36-43, 1974.
- ESCHERICH, T. The intestinal bacteria of the neonate and breast-fed infant. **Rev. Infect. Dis.** 10: 1220-1225, 1988.
- EWING, W. H., TATUM, R. W., DAVIS, B. R., REAVIS, R. W. **Studies on the serology of the *Escherichia coli* group**. CDC Publication, Communicable Disease Center, Atlanta, Ga., 3, 1956.
- EWING, W. A. EDWARD'S, EWING'S. **Identification of Enterobacteriaceae**. 4 th ed., Elsevier Science Publishers, New York, p. 93-134, 1986.
- FARIAS, K. L.; TRINDADE, R. C.; ALCÂNTARA, A. V. Ocorrência de *E. coli* (EPEC e EIEC) no sururu, *Mytella guayanensis* LAMARCK, e na água do Estuário do rio vaza barris (Sergipe, Brasil). **Arq. Ciên. Mar**, Fortaleza, v. 43, n. 2, p. 66 – 70, 2010.
- FORSYTHE, S. J. **Microbiologia da Segurança Alimentar**. Porto Alegre: Artmed, 2002, p. 101 – 105 e 165 – 168.
- FRANCO, R.M. ***Escherichia coli*: ocorrência em suínos abatidos do Grande Rio e sua viabilidade experimental em linguiça frescal, tipo toscana**. 2002.153 f. Tese (Dou-

torado em Medicina Veterinária) — Faculdade de Veterinária, Universidade Federal Fluminense, 2002.

HART, C. A.; WINSTANLEY, C. What makes a pathogen? **Microbiology Today**, v. 28, p. 4-6, 2001.

HARTMAN, P.A. **The MUG (glucuronidase) test for *Escherichia coli* in food and water**. In: Turano A. (Ed.), *Rapid Methods and Automation in Microbiology and immunology*, Brixia Academic Press, Brescia, Italy. 290-308, 1989.

KAPER, J. B.; NATARO, J. P.; MOBLEY, H. L. T. Pathogenic *Escherichia coli*. **Nature Reviews Microbiology**, v. 2, n. 2, p. 123-140, 2004.

KNUTTON, S. et al. **Adhesion of enteropathogenic *Escherichia coli* to human intestinal enterocytes and cultured human intestinal mucosa**. *Infection and Immunity*, v. 55, p.69-77, 1987.

LACASSE, D. **Introdução à Microbiologia Alimentar**. São Paulo: Instituto PIAGET, 1995.

LEITE, A. M. O.; FRANCO, R. M. Coliformes totais e *Escherichia coli* em coxas de frango comercializados no Rio de Janeiro. **R. Bras. Ci. Vet.**, v. 13, n. 2, p. 80-83, maio/ago. 2006.

LOGUERCIO, A. P.; ALEIXO, J. A. G. Microbiologia de queijo tipo Minas Frescal produzido artesanalmente. **Ciênc. Rural**. Santa Maria v. 31, n.6, p. 1063-1067, 2001.

MENG, J.; FENG, P.; DOYLE, M.P. **Pathogenic *Escherichia coli***. In: Downes, F.P.; Ito, K. *Compendium of Methods for the Microbiological Examinations of Foods*. 4 ed., Washington: APHA, 35, 331-341, 2001.

MORENO, A. C. R.; FERNANDES-FILHO, A.; GOMES, T. A. T.; RAMOS, S. T. S.; MONTEMOR, L. P. G.; TAVARES, V. C.; SANTOS FILHO, L. DOS; IRINO, K.; MARTINEZ, M. B. Etiology of childhood diarrhea in the northeast of Brazil: significant emergent diarrheal pathogens. **Diagnostic Microbiology and Infectious Disease**, v.66, n.1, p.50-57, 2010.

MURARKA, A., DHARMADI, Y., YAZDANI, S. S., GONZALEZ, R. (2008). **Fermentative Utilization of Glycerol by *Escherichia coli* and Its Implications for the Production of Fuels and Chemicals**. *Applied and Environmental Microbiology*. 1124-1135.

NATARO J. P.; KAPER, J. Diarrheagenic *Escherichia coli*. **Clinical Microbiolog Reviews**, v.11, p. 142-201, 1998.

NGUYEN, R. N.; TAYLOR, L. S.; TAUSCHEK, M.; ROBINS-BROWNE, R. M. Atypical enteropathogenic *Escherichia coli* infection and prolonged diarrhea in children. **Emerging Infectious Diseases**, v. 12, p. 597-603, 2006.

ORSKOV, I.; ORSKOV, F. *Escherichia coli* in extra-intestinal infections. **J. Hyg.**, v. 95, p. 551-575, 1985.

PINTO, F. R.; BARBOSA, M. M. C.; SOUZA, V. RIBEIRO, L. F.; FILHO, A. N.; AMARAL, L. A. Identificação Sorológica de Amostras de *Escherichia Coli* isoladas de Queijo Minas Artesanal. **Revista Higiene Alimentar**, v. 25, n. 194/195, p. 929-930, 2011.

RAETZ, C. R. H., DOWHAN, W. Biosynthesis and function of phospholipids in *Escherichia coli*. **J. Biol. Chem.** v. 265, p. 1235-1238, 1990.

ROCA, R. O. **Tecnologia da carne e produtos derivados**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, 2000. p. 202.

SCOTLAND, S. M. *et al.* *Escherichia coli* O128 strains from infants with diarrhea commonly show localized adhesion and positivity in the fluorescent actin staining test but do not hybridize with an enteropathogenic *Escherichia coli* adherence factor probe. **Infection and Immunity**, v. 59, p. 1569-1571, 1999.

SILVA, J. A.; SILVA, W. D. *Escherichia coli* Enteropatogênica (EPEC), ao Contrário da *Escherichia coli* Comensal, Adere, Sinaliza e Lesa Enterócitos. **Revista de Patologia Tropical**. v. 34, n. 3, p. 175-196, 2005.

SILVA, L. C.; FONSECA, C. R.; QUEIROZ, S. R. A.; ALENCAR, A. L. F.; GODOY, S. H. S.; MUNIN, F. S.; SOUSA, R. L. M.; FERNANDES, A. M. **Ocorrência de *Escherichia Coli* Potencialmente Causadoras de Toxi-Infecções Alimentares em Queijos Coalho e Ricota Comercializados no Sudeste do Brasil**. In: Anais do 12º Congresso Latinoamericano de Microbiologia e Higiene de Alimentos - MICROAL 2014 [= Blucher Food Science Proceedings, num.1, vol.1]. São Paulo: Editora Blucher, 2014.

SOUSA C. P.; DUBREUIL, J. D. Distribution and expression of the *astA* gene (EAST1 toxin) in *Escherichia coli* and *Salmonella*. **International Journal of Medical Microbiology**, v. 291, p. 15-20, 2001.

SOUSA, C. P. Segurança Alimentar e Doenças Veiculadas por Alimentos: Utilização do Grupo Coliforme como Um dos Indicadores de Qualidade de Alimentos. **Revista APS**, v. 9, n. 1, p. 83-88, jan./jun. 2006.

SOUZA, C. P. Segurança alimentar e doenças veiculadas por alimentos: utilização do grupo coliforme como um dos indicadores de qualidade de alimentos. **Rev. APS**, v. 9, n. 1, p. 83-88, jan./jun. 2006.

SOUZA, F. D. P.; COSTA, W. L. R.; BERNARDO, D. A. S.; ABREU, N. C.; PAZ, M. M. M.; SILVA, M. C. A. Viabilidade de Sorogrupos de *Escherichia coli* Isolados de Files de Salmão Congelados Experimentalmente Contaminados. **Revista Higiene Alimentar**, v. 25, p. 194-195, 2011.

SOUZA, O. C. de.; MELO, B. R. T.; MELO, B.S.C. do.; MENEZES, M.E.; CARVALHO, C.A.de.; MONTEIRO, R.C.L. *Escherichia coli* enteropatogênica: uma categoria diarréiogênica versátil. **Revista Pan- Amaz Saúde**, v. 7, n. 2, p. 79-91, 2016.

TODAR, K. **Bacterial structure in relationship to pathogenicity: The importance of the bacterial surface**. University of Wisconsin-Madison Department of Bacteriology. p. 1- 4, 2008. Disponível: <http://www.textbookofbacteriology.net>>. Acesso em: 02 Maio 2020.

TRABULSI L. R. *et al.* Typical and atypical enteropathogenic *Escherichia coli*. **Emerging Infectious Diseases**, v. 8, p. 508-513, 2002.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Ácido 15, 18, 19, 22, 24, 25, 27, 29, 32, 33, 71, 73, 74, 92, 94, 98, 100, 123, 125, 163, 167, 168, 169, 170, 173

Água 14, 22, 23, 24, 25, 27, 29, 30, 31, 41, 42, 49, 62, 63, 75, 78, 82, 83, 85, 86, 89, 92, 93, 114, 122, 137, 144, 145, 148, 163, 164, 165, 167, 168, 177, 179, 181

Alimentos 41, 49, 50, 60, 61, 62, 70, 71, 73, 76, 78, 93, 95, 97, 98, 102, 103, 104, 105, 114, 129, 168, 170, 172, 176, 177, 179, 180, 181, 183

Amido 38, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 49, 85, 92, 93, 94, 95, 101, 102, 103, 104, 105

C

Casca 17, 42, 44, 61, 64, 66, 70, 72, 73, 74, 75, 78, 84, 121, 124, 133, 162, 163, 164, 165, 166, 168, 170, 172

Contaminação 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 92, 93, 101, 102, 108, 109, 142, 143, 145, 146, 147, 151, 154, 156, 158, 162, 163, 166, 167, 170, 176, 179

D

Desenvolvimento 11, 15, 19, 25, 31, 49, 52, 61, 82, 83, 85, 87, 94, 108, 109, 110, 113, 132, 134, 135, 137, 142, 144, 145, 147, 148, 154, 155, 158, 162, 165, 179

Dormência 22, 23, 24, 25, 29, 30, 32, 33, 34, 112

Dormência 7, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35

E

Escherichia 70, 71, 73, 74, 75, 77, 78, 168, 169, 171, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 184

Espécie 19, 22, 23, 24, 33, 39, 40, 54, 60, 61, 63, 65, 82, 83, 84, 85, 86, 89, 110, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 146, 155, 158, 177

Extração 15, 17, 18, 19, 20, 41, 45, 50, 67, 92, 93, 132

F

Fécula 8, 91, 93, 95, 97, 99, 101, 103, 105

Feijão 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 159

Feijão 7, 51, 53, 55, 57, 58

G

Germinação 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 110, 112, 136

Glicerina 120, 121, 122, 124, 125, 126, 127, 128, 129

Grãos 40, 52, 54, 55, 56, 57, 94, 95, 109, 121, 151

M

Mandioca 8, 91, 93, 95, 97, 99, 101, 103, 105

Metais 108, 109, 110, 111, 112, 113, 138, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 154, 155, 156, 158

O

Óleo 14, 60, 66, 67

Ovo 70, 72, 73, 74, 75, 124, 127, 162, 163, 164, 165, 166, 168, 170, 172

P

Pesados 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 151, 154, 155, 156, 158

Plantas 8, 9, 81, 83, 85, 87, 89, 107, 109, 111, 113, 115, 117, 133, 141, 143, 145, 147, 149, 151, 153, 155, 157, 159

Produção 14, 19, 20, 23, 33, 34, 39, 41, 50, 53, 55, 56, 57, 61, 65, 67, 71, 74, 75, 79, 85, 86, 93, 97, 104, 105, 108, 109, 113, 120, 121, 122, 123, 127, 129, 162, 163, 166, 171, 172, 178

Q

Qualidade 4, 11, 45, 53, 56, 57, 66, 67, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 87, 92, 93, 96, 100, 104, 114, 117, 120, 121, 124, 126, 127, 128, 129, 146, 162, 163, 165, 166, 167, 168, 170, 172, 176, 177, 179, 180, 183

R

Raízes 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 48, 62, 93, 95, 108, 110, 134, 144, 148, 154, 155, 156, 157, 158

Relação 31, 32, 42, 44, 55, 60, 63, 71, 75, 89, 92, 99, 100, 101, 102, 108, 109, 111, 112, 136, 142, 143, 145, 147, 148, 150, 157, 163, 177

Rural 21, 22, 25, 37, 50, 51, 52, 54, 59, 69, 76, 81, 89, 104, 105, 106, 107, 131, 141, 153, 161, 171, 175, 181, 182

S

Salmonella 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 92, 98, 100, 102, 103, 105, 168, 169, 170, 171, 172, 183

Sementes 15, 16, 17, 18, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 32, 33, 34, 35, 55, 56, 57, 65, 66, 84, 94, 110, 112, 117, 132, 135, 136, 137



A black and white photograph of a plant branch with several serrated leaves. The leaves are in sharp focus in the foreground, while the background is blurred. The lighting creates strong highlights and shadows, emphasizing the texture of the leaves.

VOLUME 3

**PESQUISAS EM TEMAS DE
CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

VOLUME 3

**PESQUISAS EM TEMAS DE
CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

